ISSN 0181-0642

BULLETIN du MUSÉUM NATIONAL d'HISTOIRE NATURELLE

PUBLICATION TRIMESTRIELLE

SECTION C

sciences de la terre

paléontologie
géologie
minéralogie

4e SERIE T. 1 1979 N° 1

Paru le 31 mars 1979

BULLETIN
du
MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

57, rue Cuvier, 75005 Paris

Directeurs : Prs E.-R. Brygoo et M. Vachon.

Comité de rédaction : MM. et Mmes M.-L. Bauchot, E.-R. Brygoo, J. Dorst, P. Dupérier, C. Dupuis, J. Fabriès, J.-C. Fischer, N. Hallé, J.-L. Hamel, S. Jovet, R. Laffitte, Y. Laissus, C. Lévi, D. Molho, C. Monniot, M. Vachon.

Fondé en 1895, le *Bulletin du Muséum d'Histoire naturelle* est devenu à partir de 1907 : *Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle*. Des travaux originaux relatifs aux diverses disciplines scientifiques représentées au Muséum y sont publiés. Il s'agit essentiellement d'études de Systématique portant sur les collections conservées dans ses laboratoires, mais la revue est également ouverte, depuis 1970 surtout, à des articles portant sur d'autres aspects de la Science : biologie, écologie, etc.

La *1re série* (année 1895 à 1928) comprend un tome par an (t. 1 à 34), divisé chacun en six fascicules regroupant divers articles.

La *2e série* (années 1929 à 1970) a la même présentation : un tome (t. 1 à 42), six fascicules par an.

La *3e série* (années 1971 à 1978) est également bimestrielle. Le *Bulletin* est alors divisé en cinq Sections et les articles paraissent par fascicules séparés (sauf pour l'année 1978 où ils ont été regroupés par fascicules bimestriels). Durant ces années chaque fascicule est numéroté à la suite (nos 1 à 522), ainsi qu'à l'intérieur de chaque Section, soit : Zoologie, nos 1 à 356 ; Sciences de la Terre, nos 1 à 70 ; Botanique, nos 1 à 35 ; Écologie générale, nos 1 à 42 ; Sciences physico-chimiques, nos 1 à 19.

La *4e série* débute avec l'année 1979. Le *Bulletin* est divisé en trois Sections : A : Zoologie, biologie et écologie animales — B : Botanique, biologie et écologie végétales et phytochimie — C : Sciences de la Terre, géologie et paléontologie. La revue est trimestrielle ; les articles sont regroupés en quatre numéros par an pour chacune des Sections ; un tome annuel réunit les trois Sections.

S'adresser :

— pour les **échanges,** à la Bibliothèque centrale du Muséum national d'Histoire naturelle, 38, rue Geoffroy Saint-Hilaire, 75005 Paris, tél. 331-71-24 ; 331-95-60.

— pour les **abonnements** et **achats au numéro,** au Service de vente des Publications du Muséum, 38, rue Geoffroy Saint-Hilaire, 75005 Paris, tél. 331-71-24 ; 331-95-60. C.C.P. Paris 9062-62.

— pour tout ce qui concerne la **rédaction,** au Secrétariat du Bulletin, 57, rue Cuvier, 75005 Paris, tél. 587-19-17.

Abonnements pour l'année 1979

Abonnement général : 640 F.
Section A : Zoologie, biologie et écologie animales : 490 F.
Section B : Botanique, biologie et écologie végétales et phytochimie : 100 F.
Section C : Sciences de la Terre, paléontologie, géologie, minéralogie : 130 F.

BULLETIN DU MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE
4e série, 1, 1979, section C (Sciences de la Terre, Paléontologie, Géologie Minéralogie,), n° 1

SOMMAIRE

C. Pierre et J.-C. Fontes. — Oxygène 18, carbone 13, deutérium et soufre 34 : marqueurs géochimiques de la diagenèse et du paléomilieu évaporitiques du Messinien de la Méditerranée 3

K. O. Heimann. — La flore et le climat dans la région ionienne pendant le Messinien 19

J. Gaudant et Y. Guillevin. — Découverte de *Dapalis (= Smerdis) macrurus* (Ag.) (Poisson téléostéen) dans l'Oligocène du bassin de Valence (Drôme) : implications stratigraphiques et paléoécologiques 25

L. Ginsburg. — Révision taxonomique des Nimravini (Carnivora, Felidae) de l'Oligocène des Phosphorites du Quercy 35

G. Haas. — On a new Snakelike Reptile from the lower cenomanian of Ein Jabrud, near Jerusalem 51

S. Sen, M. Brunet et E. Heintz. — Découverte de Rongeurs « africains » dans le Pliocène d'Afghanistan (bassin de Sarobi). Implications paléobiogéographiques et stratigraphiques 65

Bull. Mus. natn. Hist. nat., Paris, 4e sér., 1, 1979,
section C, nº 1 : 3-18.

Oxygène 18, carbone 13, deutérium et soufre 34 : marqueurs géochimiques de la diagenèse et du paléomilieu évaporitiques du Messinien de la Méditerranée

par Catherine Pierre et Jean-Charles Fontes *

Résumé. — L'étude isotopique du Messinien du domaine méditerranéen a porté sur les sédiments carbonatés et sulfatés de la série évaporitique. Le vaste échantillonnage de cette série (forages DSDP des Legs 13 et 42 A, bassins littoraux d'Espagne, d'Algérie, de Sicile et de Toscane) permet de présenter une analyse exhaustive des conditions de genèse des sédiments évaporitiques.

1. Les larges fluctuations des paramètres physico-chimiques (salinité, pH, potentiel redox) caractérisent l'ensemble du bassin méditerranéen pendant le Messinien.

2. Les différences qui apparaissent dans les conditions de sédimentation aux sites étudiés sont interprétées par des différences dans la physiographie, l'alimentation en eau et le fonctionnement hydraulique du système (apport, évaporation, remise en eau, drainage et évaporation successive).

3. Les eaux d'origine météorique sont intervenues massivement, par une dilution de l'eau du bassin, ou plus généralement par la circulation de nappes souterraines en charge qui imbibent les sédiments ; ces eaux venues du continent sont responsables d'une intense diagenèse des différentes phases minérales.

Abstract. — Isotopic studies (^{18}O and ^{13}C in carbonates, ^{18}O and ^{34}S in sulfates, ^{18}O and ^{2}H in crystallization waters of gypsums) from samples of the Messinian in the mediterranean area were performed on sediments of the evaporitic sequence. The broad sampling of this sequence (Legs 13 and 42 A of the DSDP, outcrops in Spain, Algeria, Sicily and Tuscany) allows to present an interpretation of the environmental conditions during the genesis of the evaporites.

1. Large fluctuations in physico-chemical parameters (salinity, pH and redox potential) caracterized the whole area during the Messinian.

2. Differences in sedimentary conditions are displayed between the studied sites. They are interpreted as differences in physiography, water supply and hydraulic regime of the system.

3. Large inputs of waters of meteoric origin took place and produced an intense dilution of the water in the basin, either by surface supply, or, more generally, by ground-water circulation. These waters, coming from inland, were highly responsable for the diagenesis affecting the different mineral phases.

---

* Catherine Pierre, *Laboratoire de Géologie Dynamique, Université Pierre et Marie Curie, 4, Place Jussieu, 75230, Paris Cedex 05.*

J.-Ch. Fontes, *Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie isotopique, Université Paris-Sud, 91405 Orsay-Cedex.*

Ce texte a été déposé après la réunion sur le Messinien organisée les 16 et 17 mai 1977 au laboratoire de Géologie du Muséum, à l'initiative de la RCP 459 « Genèse et nature des faciès confinés ». (Responsable Georges Busson, sous-directeur du laboratoire.)

Les données isotopiques obtenues sur les forages DSDP (Leg 13 et 42 A) et sur les séries émergées de Sicile, d'Algérie et de Toscane, permettent de présenter une esquisse synthétique des paléomilieux de l'ensemble du bassin méditerranéen au cours de l'épisode évaporitique messinien.

Les méthodes utilisées pour reconstituer les conditions de formation des sédiments font appel aux mesures des abondances isotopiques dans les carbonates (calcite et dolomite : ^{18}O et ^{13}C) et dans les sulfates (gypse et anhydrite : ^{18}O et ^{34}S, et ^{18}O et ^{2}H dans les eaux de cristallisation des gypses).

Description lithostratigraphique des séries

1. Méditerranée occidentale

a — *Les forages DSDP*

Quatre sites de forages ont été étudiés : trois dans le bassin des Baléares (sites 124 et 134 du Leg 13 ; site 372 du Leg 42 A) et un dans le bassin tyrrhénien (site 132 du Leg 13).

Les sédiments messiniens prélevés à ces sites correspondent aux 50 derniers mètres du Messinien terminal aux sites 124, 134 et 132, et à la totalité de la série messinienne amincie au site 372.

Dans tous les cas la série évaporitique se présente comme une alternance de niveaux carbonatés, plus ou moins riches en éléments détritiques, et d'évaporites. La calcite est le minéral carbonaté le plus abondant mais la dolomite lui est le plus souvent associée en proportion variable. Les évaporites sont représentées par le gypse et (ou) l'anhydrite et par la halite (sites 124 et 134).

b — *Les bassins littoraux : Chélif, Toscane, bassin nord-sicilien de Ciminna*

Les séries des bassins évaporitiques messiniens du pourtour méditerranéen présentent des différences notables : dans la puissance maximum variable (500 m dans le Chélif, 400 m en Toscane, 300 m à Ciminna) et les successions lithologiques des formations.

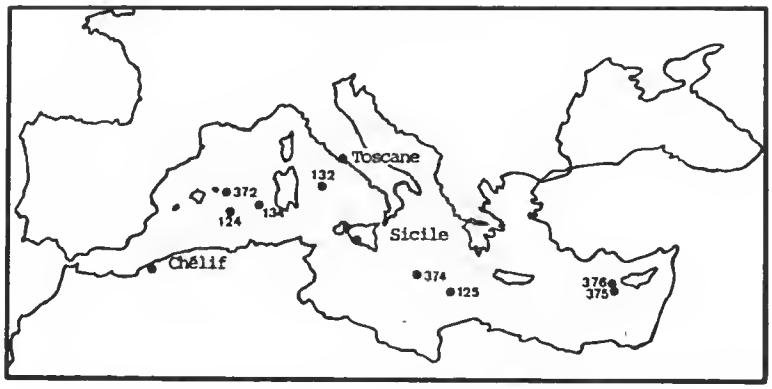


Fig. 1. — Localisation des sites d'échantillonnage des niveaux évaporitiques messiniens.

La série du Chélif correspond à deux épisodes :

— un épisode pré-évaporitique, où le dépôt des diatomites occupe une part importante de la sédimentation ;

— un épisode évaporitique à alternances marno-gypseuses.

Dans le Messinien de Toscane les intercalations détritiques sont fréquentes. Deux ensembles peuvent être distingués :

— le calcaire de Rossignano et les marnes à *Pycnodonta* sp., organismes réputés d'ambiance marine ;

— la série gypseuse, où les marnes intercalaires contiennent généralement des faunes saumâtres ou dulçaquicoles (Gianinni, 1960).

Dans le bassin de Ciminna deux intervalles gypseux sont séparés par une puissante série marneuse (Bommarito et Catalano, 1973).

2. Méditerranée orientale

a — *Les forages DSDP*

Deux forages dans le bassin ionien (site 125 A du Leg 13, site 374 du Leg 42 A) et un à l'ouest de Chypre (site 376 du Leg 42 A) donnent accès aux sédiments du Messinien terminal ; le site 375 foré à proximité du site 376 permet d'atteindre, à la faveur d'un biseau stratigraphique comme au site 372, la totalité de la série messinienne. Les caractères sédimentaires rencontrés dans ces forages sont semblables à ceux des sites de Méditerranée occidentale.

b — *Le bassin sud-sicilien de Caltanissetta*

Géographiquement, ce bassin est intermédiaire entre le bassin méditerranéen occidental et le bassin méditerranéen oriental. Deux épisodes évaporitiques, séparés par une discordance, représentent le Messinien (Decima et Wezel, 1973) :

— le terme inférieur comprend des dépôts carbonatés, sulfatés et chlorurés ;

— le terme supérieur est constitué par des séquences évaporitiques, où chaque élément séquentiel est formé d'une succession de niveaux marneux, calcaires plus ou moins tripolacés, et gypseux.

Sur les marges septentrionales du bassin, la série est réduite et le terme inférieur est remplacé par le calcaire sulfifère, parfois bitumineux.

Résultats isotopiques

Les compositions isotopiques sont exprimées en terme de δ [1] ; les étalons de référence sont : PDB pour les carbonates (^{18}O et ^{13}C), SMOW pour les sulfates (^{18}O) et pour les eaux de cristallisation des gypses (^{18}O et ^{2}H), Cañon Diablo pour les sulfates (^{34}S).

1. $\delta = (\frac{R_e}{R_r} - 1).\ 10^3$; $R = \frac{\text{isotopes lourds}}{\text{isotopes légers}}$ (e : échantillon ; r : référence).

Les méthodes utilisées pour la préparation des échantillons sont celles de McCrea (1950) pour les carbonates, Epstein et Mayeda (1953) pour les eaux, Longinelli et Craig (1967) pour les sulfates, Filly, Letolle et Pusset (1975) pour le soufre.

1. Les carbonates

La connaissance de la composition isotopique d'un carbonate permet de préciser la nature de l'eau dans laquelle il a cristallisé. Un carbonate d'eau continentale non évaporée est appauvri en oxygène 18. On peut placer une limite statistique à environ $\delta\,^{18}O = -4^{o}/_{oo}$; au-dessous, les eaux sont franchement d'origine météorique. Au-dessus, il peut s'agir d'eaux continentales, plus ou moins évaporées, ou froides, ou encore de mélanges avec de l'eau marine. Les eaux marines ouvertes, à l'écart des influences continentales, déposent des carbonates à $\delta\,^{18}O$ voisin de zéro et généralement compris dans l'intervalle 0 ± 2, à cause des variations locales de température. Les valeurs de $\delta\,^{18}O$ très positives ne peuvent correspondre qu'à des eaux très évaporées, météoriques ou marines.

Les teneurs en carbone 13 sont liées à l'origine du CO_2 dissous du milieu. L'apport biogène se manifeste par un $\delta\,^{13}C$ négatif. C'est le cas des eaux continentales d'origine souterraine dont le carbone provient en partie de la zone humique des sols. Au fur et à mesure que les eaux séjournent en surface, le carbone dissous tend à s'équilibrer avec le CO_2 de l'atmosphère. A l'équilibre, les teneurs sont voisines de $+ 2^{o}/_{oo} \pm 1^{o}/_{oo}$, à cause des variations locales de température. C'est le cas des eaux bien brassées, où l'équilibre avec l'atmosphère est atteint, et en particulier des eaux marines superficielles.

Après la cristallisation, des phénomènes diagénétiques peuvent affecter le matériel sédimentaire originel et induire la formation de nouveaux minéraux (par exemple dolomite, magnésite) et la recristallisation des minéraux préexistants. Les fluides qui interviennent lors de la diagenèse peuvent être, soit les eaux interstitielles originelles (diagenèse précoce), soit des fluides allochtones comme par exemple les solutions circulantes d'une nappe aquifère (diagenèse tardive). Dans le cas des sédiments actuellement émergés, la diagenèse *post-emersum* a pu se poursuivre jusqu'à la période actuelle. Pour les sédiments de forages, une telle diagenèse ne peut évidemment pas se produire depuis que les sédiments messiniens du fond de la Méditerranée ont été cachetés par la transgression pliocène.

La calcite est le minéral le plus susceptible de voir ses teneurs en isotopes lourds modifiées par la diagenèse *post-emersum*, tandis que la dolomite est probablement peu sensible à ce type de diagenèse (Fontes *et al.*, 1970). Ceci s'explique par le fait que la calcite reste un minéral stable vis-à-vis de la composition chimique des solutions qui percolent. Elle est donc capable de subir des dissolutions et cristallisations successives accompagnées d'échanges isotopiques avec les nouvelles solutions du milieu. En revanche, la dolomite est souvent instable vis-à-vis de ces solutions ; si elle est dissoute, elle ne précipite plus sous forme de dolomite mais de calcisparite stable avec exportation des ions Mg^{2+}.

a — *Les calcites* (fig. 2)

Il n'existe pas de différences notables entre les teneurs en isotopes lourds des calcites messinionnes prélevées dans les forages DSDP et celles des séries émergées. Ainsi, les échanges isotopiques (postérieurs au Messinien) avec des eaux météoriques ne semblent pas avoir

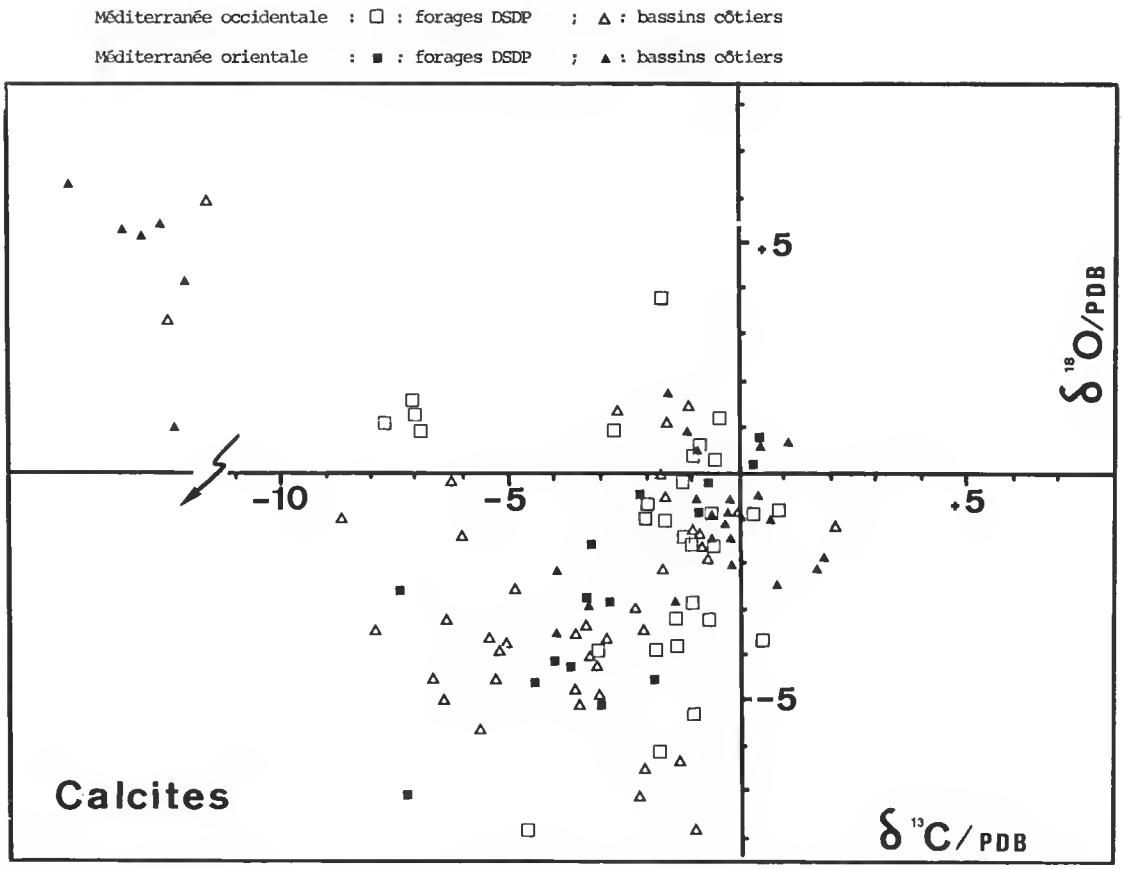


Fig. 2. — Composition isotopique des calcites messiniens associées aux évaporites du domaine méditerranéen.

joué un rôle considérable dans l'histoire diagénétique post-messinienne des échantillons étudiés. Cela nous conduit à interpréter les compositions isotopiques comme autant de témoignages qui se réfèrent au Messinien, ou tout au moins à la fin du Messinien.

Les compositions isotopiques observées pour les calcites, tant en Méditerranée occidentale qu'en Méditerranée orientale, sont très dispersées. Certaines de ces valeurs positives ou voisines de zéro sont compatibles avec une origine marine, sans toutefois en administrer la preuve, tandis que d'autres très négatives ne peuvent s'expliquer que par *l'intervention d'eaux d'origine météorique non évaporées au moment de la cristallisation des calcites.*

L'examen microscopique a permis de mettre en évidence, dans certains échantillons à $\delta\ ^{18}O << 0$, la présence de calcisparite de dédolomitisation. Ce phénomène diagénétique est censé se produire en milieu subaérien (Friedman et Sanders, 1967), bien drainé (De Groot, 1967). L'influence continentale pouvait se manifester par des circulations dans les sédiments dont la diagenèse se produisait à l'écart des solutions enrichies en isotopes lourds par le phénomène d'évaporation en eau libre. Il s'agirait d'un phénomène de diage-

nèse de nappe, probablement consécutif à la mise en charge des aquifères sur les parties hautes du bassin. On pourrait aussi invoquer une dilution massive des solutions du bassin par les apports du continent, mais cette éventualité est difficile à concilier avec une forte évaporation (celle-ci devant provoquer une augmentation des teneurs en oxygène 18).

Les teneurs en carbone 13 des calcites traduisent des variations de potentiel redox dans le milieu de cristallisation ou de recristallisation des carbonates. Dans des conditions de bon brassage, le milieu est oxydant, marqué par l'équilibre avec le réservoir atmosphérique ($\delta\ ^{13}C > 0$). Pendant les épisodes de stagnation, le milieu réducteur est dominé par l'intervention de CO_2 d'origine organique ($\delta\ ^{13}C < 0$).

b — *Les dolomites* (fig. 3)

Les teneurs en oxygène 18 des dolomites varient entre — 6,5‰ et + 6‰, et correspondent à des différences importantes dans l'origine et la nature des fluides responsables de la dolomitisation.

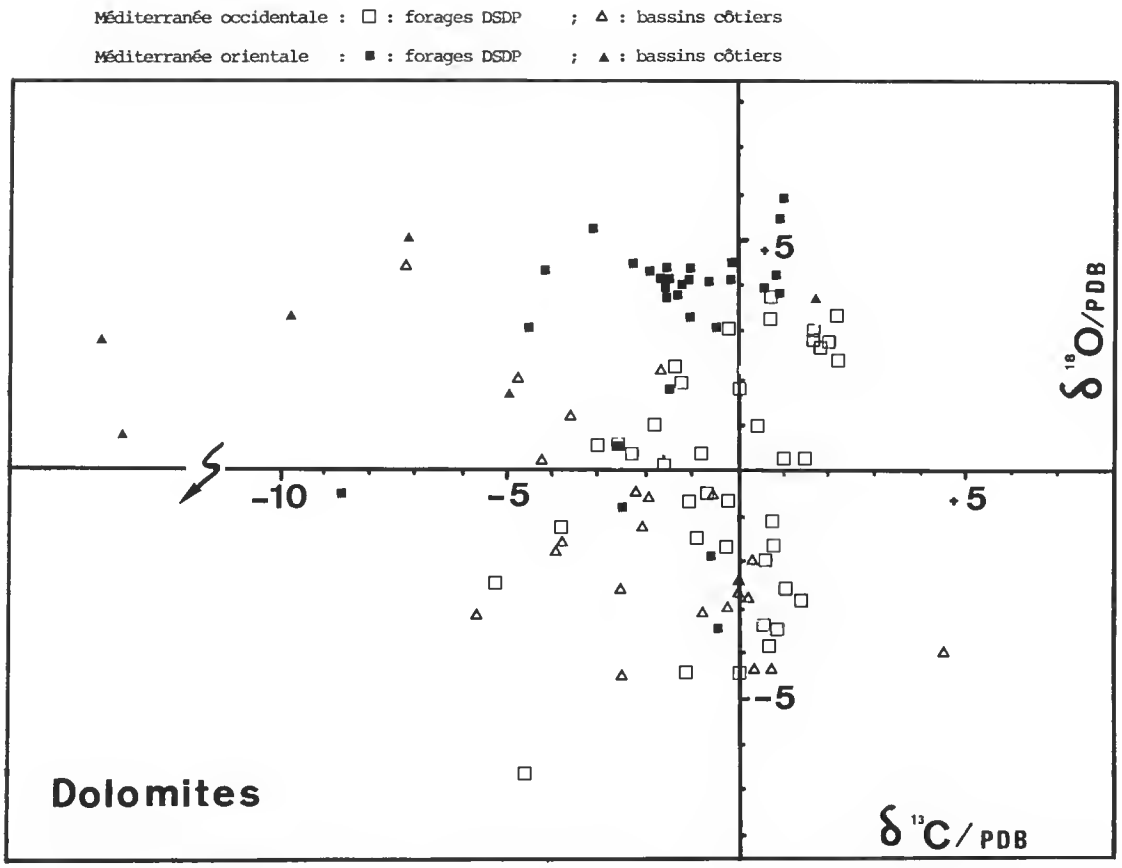


Fig. 3. — Composition isotopique des dolomites messiniennes associées aux évaporites du domaine méditerranéen.

Les dolomites des sédiments de Méditerranée occidentale sont fréquemment appauvries en isotopes lourds par rapport à la référence (PDB) censée représenter le milieu marin normal (ouvert et bien brassé). Dans ces niveaux, la dolomite est pratiquement toujours associée à de la calcite, elle-même déficitaire en isotopes lourds ; les deux phases minérales ont cristallisé en présence d'une eau largement marquée par les apports continentaux non évaporés [1]. Dans le contexte d'un système évaporitique, ceci ne peut se concevoir que par l'intervention massive des eaux souterraines dans la diagenèse.

Dans les niveaux où la dolomitisation est complète, les teneurs en ^{18}O plus élevées rendent compte d'une évaporation plus poussée.

En Méditerranée orientale, la situation est comparable. Quelques basses valeurs de $\delta\ ^{18}O$ livrées par des dolomites du site 376 sont localisées dans les niveaux où ce minéral est associé à de la calcite. Il peut s'agir soit d'une paire minéralogique (minéraux cristallisés à partir de la même solution mère), soit d'un apport détritique. Dans les deux cas, cela suppose un large afflux en provenance du continent, par voie souterraine dans le premier cas, par voie de surface dans le deuxième.

Dans la majorité des niveaux dolomitiques, la dolomitisation est totale et les teneurs en oxygène 18 ($+ 3‰$ à $+ 6‰$) correspondent à un intense enrichissement de l'eau en oxygène 18 et probablement en sels, sous l'effet de l'évaporation.

Les variations de $\delta\ ^{13}C$ des dolomites sont comparables à celles qui ont été observées pour les calcites et témoignent d'origines différentes pour le CO_2 dissous dans le milieu : équilibre avec l'atmosphère, et donc milieu bien brassé à faible activité biogène ($\delta\ ^{13}C = 0$ à $+ 3‰$) ou bien participation biogène ($\delta\ ^{13}C < 0$) par la voie souterraine ou marine confinée, selon que les teneurs en oxygène 18 sont basses ou élevées. Enfin, on doit souligner la mise en évidence de l'intervention d'un CO_2 provenant de l'oxydation d'hydrocarbures dans le cas des valeurs anormalement basses de $\delta\ ^{13}C$.

C — *Conclusions à l'étude isotopique des carbonates*

Les variations de salinité de l'eau sont importantes et sont régies par le bilan hydrique des apports respectifs (eau marine et/ou météorique) et des pertes par évaporation.

Les conditions oxydantes ou réductrices ont largement fluctué dans le milieu de sédimentation.

Les larges variations de composition isotopique traduisent elles-mêmes de grandes fluctuations de salure, de potentiel redox et donc de pH du milieu. Il s'ensuit des variations corrélatives dans les taux de saturation vis-à-vis des espèces minérales carbonatées. C'est là le moteur d'une intense diagenèse des calcites qui se trouvent successivement dissoutes ou précipitées. Lorsque le même type de diagenèse affecte les dolomites, cela implique qu'elles sont restées dans un milieu magnésien où elles sont stables (Garrels *et al.*, 1960).

1. Un essai de bilan, donné à titre indicatif, montre qu'avec de l'eau marine évaporée $\delta\ ^{18}O = + 3‰$ mêlée à des apports continentaux non évaporés $\delta\ ^{18}O = -10‰$, on ne peut obtenir de mélange à $\delta\ ^{18}O = -4‰$ qu'au prix d'une dilution d'environ 45 % d'eau marine par 55 % d'eau continentale, la valeur résultante de $-4‰$ serait en effet nécessaire pour autoriser la précipitation d'un carbonate à $\delta\ ^{18}O = -5‰$ à environ 20°C selon l'équation des paléotempératures (Craig, 1965) :

$$t°C = 16{,}9 - 4{,}2\ (\delta - A) + 0{,}13\ (\delta - A)^2$$

où δ et A représentent respectivement les teneurs en ^{18}O de la calcite et de l'eau repérées par rapport au même étalon de travail.

2. Les sulfates

a — *Oxygène 18 et soufre 34 dans les sulfates*

Rappels sur les variations naturelles de la composition isotopique des sulfates

La teneur en soufre 34 du sulfate océanique actuel est constante ($\delta\ ^{34}S = +\ 20^{o}/_{oo}$ / C.D.) et n'a pratiquement pas changé depuis le Tertiaire (Ault et Kulp, 1959 ; Thode *et al.*, 1961 ; Sasaki, 1972).

La composition isotopique de l'oxygène du sulfate océanique est également constante ($\delta\ ^{18}O = +\ 9{,}7^{o}/_{oo}$ / SMOW, Lloyd, 1967 ; Longinelli et Craig, 1967).

Trois mécanismes peuvent localement modifier les teneurs en soufre 34 et oxygène 18 des ions sulfates dissous :

— la précipitation d'un sulfate solide (gypse ou anhydrite),
— l'action thiométabolique des bactéries sulfato-réductrices,
— la contribution de sulfures oxydés au stock de sulfate du milieu.

Le premier effet est simple et faible : lors de la précipitation, le cristal s'enrichit de 2 à $3^{o}/_{oo}$ en ^{18}O (Lloyd, 1968) et de $1{,}65^{o}/_{oo}$ en ^{34}S (Thode et Monster, 1965) par rapport à la solution mère. Un tel mécanisme ne peut produire des enrichissements importants qu'à la suite d'une série de précipitations fractionnées : précipitation d'une fraction du sulfate dissous, évacuation des solutions mères, puis dissolution par une nouvelle solution sous-saturée en sulfate suivie d'un nouvel épisode de précipitation partielle, et ainsi de suite. Ceci implique un milieu soumis à des épisodes alternés de concentration, de drainage, de mise en eau suivie de nouvelles concentrations des solutions. En d'autres termes, un tel schéma suppose un système présentant un régime hydraulique variable avec alternances d'épisodes de drainage et de recharge, et un déplacement des points bas du système.

Les ségrégations isotopiques engendrées par l'action métabolique des bactéries sont complexes et fortes. Les réactions enzymatiques s'adressent de préférence aux isotopes les plus communs, c'est-à-dire aux isotopes légers, et conduisent, par effet de bilan, à un enrichissement isotopique de la fraction non métabolisée (Nakai et Jensen, 1964 ; Kemp et Thode, 1968 ; Lloyd, 1967, 1968 ; Longinelli et Cortecci, 1970 ; Mizutani et Rafter, 1969 ; Rafter et Mizutani, 1967).

Le processus d'oxydation inorganique des formes réduites du soufre à l'état de sulfate revêt les modalités suivantes :

— les teneurs en soufre 34 ne sont pratiquement pas modifiées (Nakai et Jensen, 1964),

— Les teneurs en oxygène 18 sont modifiées et reflètent la teneur en oxygène 18 de l'eau dans laquelle s'est opérée l'oxydation [1].

1. L'oxydation d'une forme réduite du soufre fait intervenir l'eau et l'oxygène moléculaire dissous selon le schéma réactionnel (Lloyd, 1967) :
$\delta\ ^{18}O\ (SO_4^{2-}) = a\ (\delta^{18}O\ (air) + \varepsilon\ ox.) + (\ 1 - a\ )\ \delta^{18}\ O\ (eau)$
dans lequel : $a = 0{,}32$; $\delta^{18}O\ (air) = +\ 23{,}5\ ^{o}/_{oo}$ (Kroopnick et Craig, 1972) ;

Ces différents effets isotopiques auront des conséquences variables selon que l'on aura affaire à un système clos ou à un système ouvert. Dans les deux cas le soufre ne peut changer de valence qu'en franchissant une barrière redox (Fontes et Pierre, 1977 ; Fontes et Pierre, 1978).

Dans un système clos vis-à-vis du soufre la barrière redox se situe à l'interface eau-sédiment. L'eau libre est un milieu généralement oxydant, l'eau interstitielle des sédiments est un milieu fréquemment réducteur. Le sulfate est réduit à l'interface et passe à l'état de sulfure dans l'eau interstitielle. Dans le même temps une quantité égale de sulfure se trouve oxydée par passage dans l'eau libre. Les flux de réduction et d'oxydation sont régis par la diffusion et égaux ; les concentrations ne changent pas dans les deux milieux qui représentent donc un système clos en état stationnaire.

— la teneur en soufre 34 du sulfate reste constante puisque le bilan de masse ne change pas (réduction suivie d'oxydation totale),

— la teneur en oxygène 18 est variable [1] et [2]. Le mélange du sulfate apporté par oxydation des sulfures, et des sulfates déjà présents dans le milieu, conduit à des teneurs résultantes en oxygène 18 qui varient en fonction de la fraction de sulfate qui n'a pas été métabolisée et de la teneur en isotopes lourds de l'eau du milieu d'oxydation (fig. 4 et 5). On peut retenir que le sulfate résultant ne conserve une teneur en oxygène 18 égale ou supérieure à + 9,7 ‰ (teneur moyenne en ^{18}O du sulfate marin) que pour des eaux très enrichies en isotopes lourds par rapport à l'eau océanique moyenne, ou que pour des fractions réduites très faibles.

Dans un système ouvert (susceptible de perdre ou de recevoir du soufre) on doit envisager :

— la perte de soufre réduit,
— le gain de soufre réduit,
— le gain de soufre oxydé

(La perte de sulfate n'est possible que par précipitation, cas envisagé précédemment.)

ε ox. désigne l'enrichissement qui s'opère entre l'oxygène dissous dans le milieu et celui qui s'intègre à l'ion SO_4^{2-} aqueux (ε = — 8,7 selon Lloyd, 1967)
soit : $\delta\,^{18}O\,(SO_4^{2-}) = 4{,}7 + 0{,}68\ \delta^{18}O$ (eau).

Le sulfure oxydé dans une eau marine moyenne ($\delta\,^{18}O = 0$) conduit à la formation d'un sulfate de teneur en oxygène 18 voisine de 4,7 ‰.

1. Le bilan s'écrit : $\delta\,^{18}O\,(SO_4^{2-})$ restant $= -\varepsilon$ red. $\ln f + \delta_0$
où f est la fraction non réduite du sulfate initial, δ_0 est la composition isotopique initiale et ε red. est l'enrichissement isotopique qui s'opère entre l'oxygène du sulfate et les produits oxygénés formés au cours de la réduction, selon Lloyd, (1967) ε red. = + 4,6).

$\delta\,^{18}O\,(SO_4^{2-})$ provenant de l'oxydation $= 4{,}7 + 0{,}68\ \delta\,^{18}O$ (eau).

$\delta\,^{18}O\,(SO_4^{2-})$ mélange $= f.\ \delta^{18}O\,(SO_4^{2-})$ restant $+ (1\text{-}f).\ \delta\,^{18}O\,(SO_4^{2-})$ oxydation.
Dans le cas de l'eau marine moyenne : $\delta_0 = +\,9{,}7$; $\delta\,^{18}O$ (eau) = 0.

$\delta\,^{18}O\,(SO_4^{2-})$ mélange $= -\,4{,}6\ f \ln f + 5\ f + 4{,}7$ (fig. 4).

2. On peut également résoudre l'équation pour laquelle le $\delta\,^{18}O\,(SO_4^{2-})$ du mélange sera égal au $\delta\,^{18}O$ du sulfate marin moyen, c'est-à-dire à + 9,7 ‰.

$$\delta\,^{18}O\ (\text{eau d'oxydation}) = \frac{4{,}6\ f \ln f + 5\ (1\text{-}f)\ (\text{f. } 5).}{0{,}68\ (1\text{-}f)} \quad (\text{fig. } 5)$$

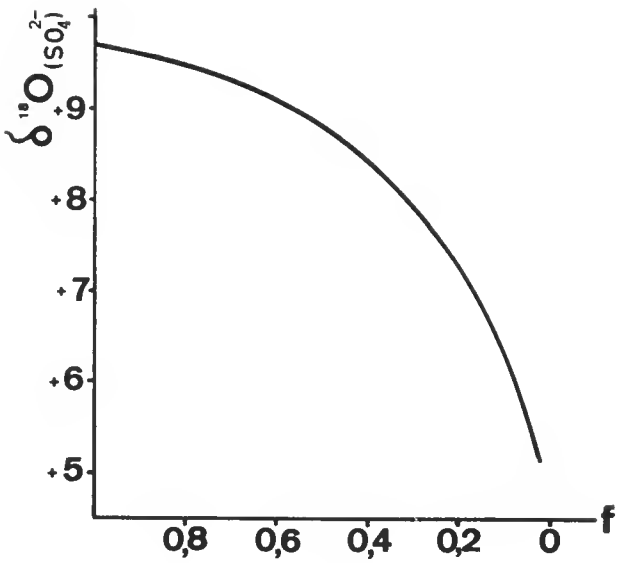


Fig. 4. — Composition isotopique de l'oxygène du sulfate résultant du mélange d'une fraction f de sulfate initial marin non métabolisé, et de (1 — f) de sulfate préalablement réduit puis totalement oxydé, dans une eau marine moyenne [$\delta\ ^{18}O\ (H_2O) = 0$], en fonction de la fraction restante f de sulfate non métabolisé.

Le soufre réduit (sulfure ou H_2S) d'origine métabolique est appauvri en soufre 34. Son départ enrichit le sulfate restant en isotopes lourds, tandis que son arrivée dans le système, accompagnée d'une oxydation qui le transforme en sulfate, appauvrit le sulfate total en soufre 34.

Enfin, l'apport de sulfate étranger peut modifier la teneur du stock de sulfate total selon l'origine de cet apport.

Dans le cas d'un système ouvert comme dans celui d'un système fermé, la contribution d'un sulfate provenant de l'oxydation d'un sulfure sera toujours marquée par une teneur en oxygène 18 liée à celle de l'eau du milieu d'oxydation.

Résultats (fig. 6)

Les compositions isotopiques des sulfates (gypse et anhydrite) messiniens (Leg 13 et Leg 42 A, Sicile et Toscane) montrent de larges fluctuations par rapport aux valeurs du sulfate marin :

$$+ 11{,}6‰ < \delta\ ^{18}O < + 23‰$$
$$+ 14‰ < \delta\ ^{34}S < + 30{,}6‰$$

Aucun de ces sulfates ne correspond à un simple stade de précipitation en eau marine. Les phénomènes qui interviennent dans le milieu de formation des sulfates solides messiniens procèdent des trois mécanismes décrits précédemment : précipitation fractionnée,

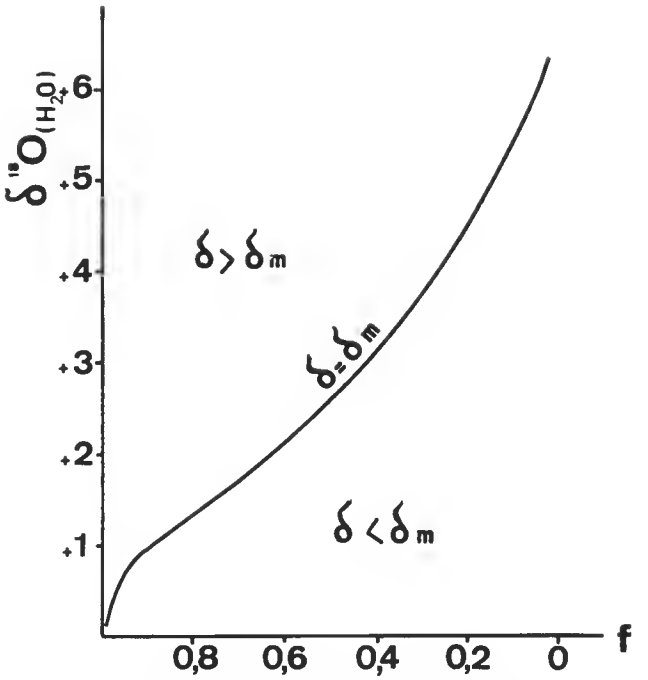


Fig. 5. — Composition isotopique de l'oxygène d'un sulfate aqueux résultant de mélange d'une fraction de sulfate initial marin non métabolisé et de (1-f) de sulfate préalablement réduit puis totalement réoxydé dans une eau de composition isotopique $\delta\,^{18}O\,(H_2O)$. La courbe $\delta = \delta\,m$ correspond aux conditions f, $\delta\,^{18}O\,(H_2O)$, nécessaires pour reconstituer une teneur en oxygène 18 du sulfate égale à la teneur marine normale : $\delta = \delta\,m = 9{,}7\,‰$.

réduction partielle, oxydation de sulfure en sulfate. Sans exclure la superposition de ces mécanismes, on peut distinguer trois groupes de valeurs qui correspondent à des origines et histoires différentes.

Les fortes teneurs en ^{18}O et ^{34}S : Ces valeurs s'expliquent soit par un phénomène de précipitation fractionnée dans des bassins à reprise de drainage, soit par une forte réduction partielle du stock initial de sulfate. Le premier effet correspondrait assez bien aux observations micrographiques qui montrent des sulfates affectés de plusieurs stades diagénétiques. Le second effet est en accord avec les indices de milieu réducteur détectés dans l'étude isotopique des carbonates.

Les fortes teneurs en ^{18}O accompagnées de teneurs en ^{34}S assez proches du marin normal : Il s'agit du cycle précédemment décrit : réduction du sulfate-oxydation totale du sulfure en milieu surévaporé.

Les faibles teneurs en ^{34}S liées à des teneurs variables en ^{18}O dénotent une forte contribution de sulfure oxydé au stock de sulfate.

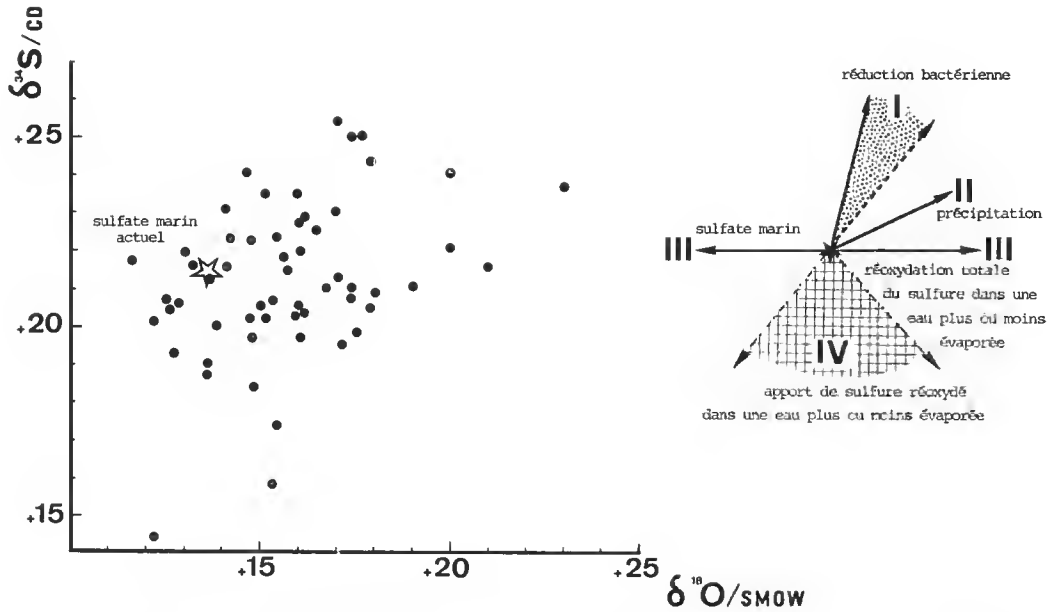


Fig. 6. — Composition isotopique de l'oxygène et du soufre des sulfates évaporitiques messiniens du domaine méditerranéen et schéma récapitulatif de l'évolution des teneurs en ^{18}O et ^{34}S des sulfates en fonction des différents mécanismes diagénétiques qui affectent le stock initial de sulfates marin (symbole étoile).

b — *Oxygène 18 et deutérium dans les eaux de cristallisation des gypses*

Rappels sur les variations naturelles de la composition isotopique des eaux

Dans un diagramme $\delta\,^2H$ — $\delta\,^{18}O$, les eaux de précipitation s'alignent sur des droites de pente 8. La constance de cette pente est liée au fait que les précipitations interviennent à saturation, c'est-à-dire à l'équilibre. Il en a donc été de même au cours des temps géologiques. L'ordonnée à l'origine la plus fréquente de nos jours est $\delta\,^2H = +10‰$. Elle varie cependant en fonction de l'origine de la vapeur qui condense ; ainsi, dans le bassin méditerranéen oriental, on mesure actuellement une ordonnée à l'origine de $+22‰$. L'ordonnée à l'origine de la corrélation $\delta\,^2H$ — $\delta\,^{18}O$ des précipitations miocènes est inconnue.

Dans le même diagramme, les eaux évaporées s'inscrivent sur des corrélations linéaires, mais deux caractéristiques distinguent les eaux qui ont subi une évaporation des eaux de précipitations : les pentes de ces corrélations varient d'une masse d'eau en voie d'évaporation à l'autre et elles sont toujours inférieures à 8 ; d'autre part, les eaux évaporées ont des teneurs en isotopes lourds plus élevées que celles des eaux exemptes d'évaporation, et en particulier des eaux météoriques.

L'eau de cristallisation du gypse est enrichie de $4‰$ en ^{18}O (Gonfiantini et Fontes, 1963), et appauvrie de $16‰$ en ^2H (Fontes et Gonfiantini, 1967) par rapport à l'eau mère dans laquelle le gypse a cristallisé.

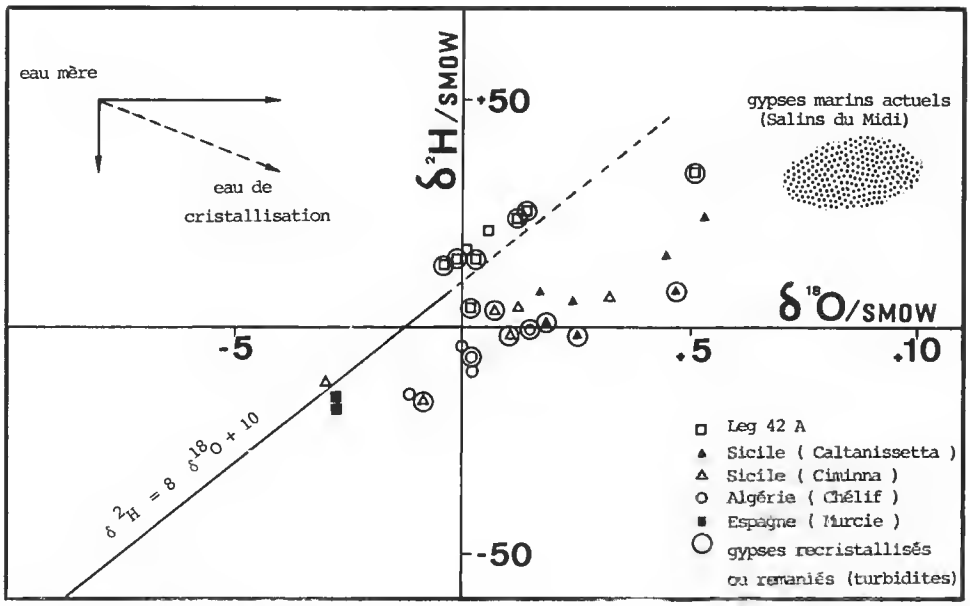


Fig. 7. — Composition isotopique de l'oxygène et de l'hydrogène des eaux mères des gypses messiniens du domaine méditerranéen.

Résultats (fig. 7)

L'examen des résultats dans un diagramme $\delta\ ^2H$ — $\delta\ ^{18}O$ conduit aux conclusions suivantes.

Bien que les eaux mères de certains échantillons de gypses messiniens s'inscrivent sur une droite d'évaporation, leurs teneurs en isotopes lourds sont inférieures à celles que l'on mesure pour les gypses actuels qui précipitent dans les marais salants (Fontes, 1966).

Pour un grand nombre d'échantillons, les couples $\delta\ ^2H$ — $\delta\ ^{18}O$ des eaux mères s'alignent sur la droite des eaux météoriques ; c'est notamment le cas pour les échantillons de forages du Leg 42 A.

Les valeurs des eaux mères des autres gypses se répartissent dans une zone de mélange entre le domaine des eaux météoriques et celui des eaux marines évaporées.

Dans tous les échantillons analysés (et quel que soit le faciès du gypse), l'eau de constitution du gypse a, pour une large part, une origine météorique. Bien que dans le cas des échantillons actuellement émergés l'on puisse invoquer une altération météorique postérieure au Messinien, cette explication ne peut évidemment pas être retenue pour les gypses des forages DSDP.

Dans le cas des gypses de forages, les eaux de cristallisation ne montrent pas traces d'échange avec les eaux marines qui envahissent le bassin après le dépôt des évaporites. L'on considère donc que l'eau intégrée au réseau cristallin est d'âge messinien. Cette eau n'étant pas évaporée, il ne peut donc pas s'agir de gypses primaires (cristallisés à partir d'une solution saturée en sulfate de calcium par un effet d'évaporation), mais de gypses recristallisés à partir d'une phase sulfatée primaire (gypse ou anhydrite) en milieu d'eau pluviale non évaporée, c'est-à-dire probablement en milieu vadose (ou milieu de nappe aquifère).

Pour les échantillons actuellement émergés, il est difficile d'évaluer la part à attribuer à l'altération récente. Toutefois, une zonation géographique se manifeste pour les couples $\delta\,^2H$ — $\delta\,^{18}O$ des eaux mères des gypses. Les valeurs montrent une augmentation progressive d'ouest en est (les valeurs les plus élevées, $\delta\,^{18}O = +\,5^o/_{oo}$, $\delta\,^2H = +\,20^o/_{oo}$, sont celles que l'on trouve pour les gypses de faciès sélénite d'Eraclea au sud de la Sicile). Les discriminations isotopiques qui apparaissent dans les eaux des gypses des différents bassins peuvent être mises en parallèle avec celles que l'on observe dans les dolomites (voir p. 6). Si l'on admet que les gypses ont préservé, au moins partiellement, leur eau de constitution initiale, les différences observées pourraient s'interpréter par une dilution plus importante des apports dans les bassins occidentaux.

C — *Conclusions à l'étude isotopique des sulfates*

La cristallisation des sulfates s'est effectuée dans un milieu à potentiel d'oxydo-réduction variable. On rejoint ici les conclusions tirées de l'étude des carbonates.

La diagenèse sulfatée s'est montrée très active, avec notamment des cristallisations successives de plusieurs générations de gypse ou d'anhydrite. Cette « mobilité » des faciès sulfatés a été induite par les variations de salinité et de potentiel redox d'un milieu soumis à d'importantes influences continentales avec de fortes venues d'eaux souterraines.

Conclusions générales

La large dispersion observée dans les teneurs en isotopes lourds des sédiments messiniens (carbonates, sulfates) témoigne de variations importantes dans les conditions de milieu de sédimentation des évaporites : ces variations concernent les salures globales et spécifiques, le potentiel redox et le pH ; elles sont responsables d'une intense diagenèse.

L'isolement structural de la Méditerranée par rapport à l'Atlantique pendant le Messinien ne permettait probablement que des apports discontinus en eau marine et conduisait à un confinement du bassin, marqué par le dépôt des évaporites et par des épisodes de stagnation.

Malgré le caractère général du phénomène évaporitique dans le bassin méditerranéen pendant le Messinien, les différences mises en évidence dans les conditions de sédimentation aux sites étudiés traduisent des différences dans la physiographie et l'alimentation en eau et suggèrent la subdivision de l'ensemble en sous-bassins. Ainsi, le confinement apparaît plus intense en Méditerranée orientale qui se trouvait plus loin des sources d'apports ou moins alimenté.

L'intervention des eaux d'origine météorique était massive. Elle se manifestait, soit par une très forte dilution de l'eau du bassin, ou plus probablement par la circulation de nappes souterraines qui induisaient des conditions très favorables à la diagenèse carbonatée et sulfatée dans la masse même du sédiment.

L'ensemble des conclusions confirme et affine les reconstitutions hypothétiques proposées après examen des premiers échantillons du Leg 13 (Fontes *et al.*, 1973 ; Pierre, 1974), en particulier en ce qui concerne le rôle essentiel des eaux continentales pour déclencher et orienter la diagenèse.

Remerciements

Cette étude a été financée en partie par le contrat CNEXO n° 5153. Les auteurs remercient M. G. Busson pour sa critique du manuscrit. Les échantillons d'Andalousie et du Chélif ont été récoltés grâce à la coopération de MM. J.-M. Rouchy et C. Lepvrier. L'échantillonnage de la série de Ciminna a été effectué grâce à la collaboration de R. Catalano, professeur à l'Université de Palerme.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Ault, W. U., et J. L. Kulp, 1959. — Isotopic geochemistry of sulfur. *Geochim. cosmochim. Acta*, **16** : 201-235.

Bommarito, S., et R. Catalano, 1973. — Facies analysis of an evaporitic messinian sequence near Ciminna (Palermo, Sicily). *In* : Messinian events in the Mediterranean, Utrech : 172-177.

Craig, H., 1965. — The measurements of oxygen isotope paleotemperatures. Spoleto, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Tongiorgi E. (Ed.) : 161-182.

Decima, A., et F. C. Wezel, 1973. — Late Miocene evaporites of the central sicilian basin, Italy. *In* : Ryan W. B. F., Hsu K. J. *et al.*, Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, vol. 13, Washington (U. S. Printing Office) : 1234-1240.

De Groot, K., 1967. — Experimental dedolomitization. *J. sedim. Petrol.*, **37** (4) : 1216-1220.

Epstein, S., et T. Mayeda, 1953. — Variation of ^{18}O content of waters from natural sources. *Geochim. cosmochim. Acta*, **4** : 213.

Filly, A., R. Letolle et M. Pusset, 1975. — L'analyse isotopique du soufre : problèmes techniques. *Analusis*, **3** (4) : 197-200.

Fontes, J. C., 1966. — Intérêt d'une étude isotopique de l'évaporation. Cas de l'eau de mer. *C. r. hebd. Séanc. Acad. Sci., Paris*, sér. D, **263**, : 1950-1953.

Fontes, J. C., P. Fritz et R. Letolle, 1970. — Composition isotopique, minéralogique et genèse des dolomies du Bassin de Paris. *Geochim. cosmochim. Acta*, **34** : 279-294.

Fontes, J. C., et R. Gonfiantini, 1967. — Fractionnement isotopique de l'hydrogène dans l'eau de cristallisation du gypse. *C. r. hebd. Séanc. Acad. Sci., Paris*, sér. D, **265** : 4-6.

Fontes, J. C., R. Letolle, W. D. Nesteroff et W. B. F. Ryan, 1973. — Oxygen, carbon, sulfur and hydrogen stable isotopes in carbonate and sulfate mineral phases of Neogene evaporites sediments and in interstitial waters. *In* : Ryan W. B. F., Hsu K. J. *et al.*, Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project. Vol. 13, Washington (U. S. Printing Office) : 788-796.

Fontes, J. C., C. Lepvrier, F. Melieres et C. Pierre, 1973. — Isotopes stables dans les carbonates évaporitiques du Miocène supérieur de la Méditerranée occidentale. *In* : Messinian events in the Mediterranean, Utrecht : 91-100.

Fontes, J. C., et C. Pierre, 1977. — Sulfur 34, oxygen 18 and deuterium as indicators of diagenesis in evaporitic sulfates. Communication orale, Fifth European Colloquium of Geochronology, Cosmochronology and isotope geology, Pisa, 5-10 sept. 1977.

Fontes, J. C., et C. Pierre, 1978. — Oxygen 18 changes in dissolved sulphate during sea water evaporation in saline ponds. *In* : Tenth International Congress on Sedimentology, Jerusalem, 9-14 July 1978, vol. 1 : 215-216.

Friedman, G. M., et J. E. Sanders, 1967. — Origin and occurence of dolostones. *In* : Chilingar G. V., Bissel H. J. et Fairbridge R. W. (Eds.). Carbonate rocks. Origin, occurrence and

classification. Developments in Sedimentology. Vol. 9 A, Amsterdam, Elsevier Publ Co : 267-348.

Garrels, R. M., M. E. Thompson et R. Siever, 1960. — Stability of some carbonates at 25°C and one atmosphere of total pressure. *Am. J. Sci.*, **258** : 402-418.

Gianinni, E., 1960. — Studio di alcune sezioni stratigrafiche nel Miocene superiore delle colline livornesi ed osservazioni sui caratteri e sui limiti del messiniano in Toscana *G. Geol.*, ser. 2, **28** : 35-58.

Gonfiantini, R., et J. C. Fontes, 1963. — Oxygen isotopic fractionation of the water of crystallization of gypsum. *Nature*, **200** : 644-646.

Kemp, A. L. W., et H. G. Thode, 1968. — The mechanism of the bacterial reduction of sulphate and of sulfide from isotope fractionation studies. *Geochim. cosmochim. Acta*, **32** : 71-91.

Kroopnick, F., et H. Craig, 1972. — Atmospheric oxygen : isotopic composition and solubility fractionation. *Science*, **145** : 54-55.

Lloyd, R. M., 1967. — Oxygen 18 composition of oceanic sulfate. *Science*, **156** : 1228-1231.

— 1968. — Oxygen isotope behaviour in the sulfate-water system. *J. geophys. Res.*, **73** : 6099-6110.

Longinelli, A., et G. Cortecci, 1970. — Isotopic abundance of oxygen and sulfur in sulfate ions from river water. *Earth Planet. Sci. Let.*, **7** : 376-380.

Longinelli, A., et H. Craig, 1967. — Oxygen 18 variations in sulfate ions in sea water and saline lakes. *Science*, **156** : 56-59.

Mac Crea, J. M., 1950. — On the isotopic chemistry of carbonates and a paleotemperature scale. *J. Chem. phys.*, **18** : 849-857.

Mizutani, Y., et T. A. Rafter, 1969. — Oxygen isotopic composition of sulphates. Part 4 : bacterial fractionation of oxygen isotopes in the reduction of sulphate and in the oxydation of sulphur. *New Zealand J. Sci.*, **12** : 60-68.

Nakai, N., et M. L. Jensen, 1964. — The kinetic isotope effect in the bacterial reduction and oxydation of sulfur. *Geochim. cosmochim. Acta*, **28** : 1893-1912.

Pierre, C., 1974. — Contribution à l'étude sédimentologique et isotopique des évaporites messiniennes de la Méditerranée. Implications géodynamiques. Thèses Sciences, Paris.

Rafter, T. A., et Y. Mizutani, 1967. — Preliminary study of variations of oxygen and sulphur isotope in natural sulphates. *Nature*, **216** : 1000-1002.

Sasaki, A., 1972. — Variation in sulphur isotopic composition of oceanic sulphate. Twenty-fourth Congr. Geol. Int., Montreal — Ottawa.

Thode, H. G., J. Monster et H. B. Dunford, 1961. — Sulphur isotope geochemistry. *Geochim. cosmochim. Acta*, **26** : 159-174.

Thode, H. G., et J. Monster, 1965. — Sulfur isotope geochemistry of petroleum, evaporites and ancient seas. *In* : Fluids in subsurface environments. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem.*, **4** : 159-174.

Manuscrit déposé le 6 janvier 1978.

Bull. Mus. natn. Hist. nat., Paris, 4e ser., 1, 1979,
section C, nº 1 : 19-24.

La flore et le climat dans la région ionienne pendant le Messinien

par Karl O. Heimann *

Résumé. — Le Messinien des îles Ioniennes de Zante, spécialement au village de Paghi à Corfou, a fourni une flore riche et bien conservée, représentative d'une zone côtière et de son arrière-pays, qui montre la transition entre des plantes typiquement tertiaires et des éléments de la végétation actuelle. Un élément xérotherme (prémaquis) y côtoie une forêt galerie.

Compte tenu d'études concordantes paléobotaniques (Italie, Macédoine, Bulgarie) et palynologiques (Italie, Turquie), on peut conclure à un refroidissement avec raréfaction des précipitations entre le début du Tertiaire tropical à subtropical et le Tertiaire terminal.

Zusammenfassung. — Pflanzenfunde in Aufschlüssen nahe dem Dorfe Paghi/Korfu, erlauben die Rekonstruktion eines Vegetationsgürtels, wie er für den Küstenbereich und sein unmittelbares Hinterland Kennzeichnend ist. Er zeigt den Übergang von ausgesprochenen Tertiärpflanzen zu solchen der heutigen Flora.

Neben einem wärmeliebenden Element des Messinien findet sich ein Biotop, welches einem « Galeriewald » entsprechen könnte. — Die Ergebnisse vorliegender Studie decken sich mit solchen an Material aus Oberitalien, Mazedonien und der Türkei ; sie gestatten, eine allegemeine Abkühlung und Niederschlagsverminderung im Jungtertiär gegenüber dem Alttertiär anzunehmen, welches durch ein tropisches bis subtropisches Klimaausgezeichnet war.

Abstract. — The Messinian deposits on the Ionian Islands of Zakynthos, Kephallinia and Corfu yield a rich Tertiary flora ; the average material is well preserved. Deposits near the village of Paghi (Corfu) demonstrate the transition of a typical Tertiary flora into the actual one within a coastal belt and its hinterland.

Besides a xerothermic element of the Messinian (« Praemacchie ») exists a biotope representing most likely a gallery forest. — The results of the present palaeobotanical investigation are in agreement with the ones recently obtained in Northern Italy, Macedonia and Turkey and permit the hypothesis of a general cooling-off and decreasing rainfall during the Late Tertiary, whereas the climate of the Early Tertiary had predominantly been a tropical and subtropical one.

Tous les affleurements du Messinien des îles Ioniennes (Zante, Cephalonie et Corfou) contiennent des débris végétaux reconnaissables et des fragments charbonneux.

La flore la plus complète et la mieux conservée provient d'un affleurement situé à proximité du village de Paghi au nord de Corfou, qui a été partiellement décrit par Heimann *et al.* (1975) et Heimann et Jung (1976).

* *Geol. Inst., Abt. Meeresgeologie und Sedimentforschung, Techn. Universität München, Lichtenbergstr. 4, D 8046 Garching, Bundesrepublik Deutschland.*

Le présent texte a été déposé après la réunion sur le Messinien organisée les 16 et 17 mai 1977, au laboratoire de Géologie du Muséum, à l'initiative de la RCP 459, « Genèse et nature des faciès confinés ». (Responsable Georges Busson, sous-directeur de laboratoire.)

Matériel

Les débris végétaux ont été récoltés au sein d'une formation composée d'une alternance de marnes finement laminées, de minces lits calcarénitiques comportant aussi de fines intercalations calcitiques et (ou) aragonitiques ; les brèches argileuses sont rares. Cet affleurement a livré environ 300 restes de feuilles outre une quantité de débris non déterminables, de brindilles, de fragments d'écorce, de pollen et d'écailles de fructifications de conifères. Pour près de 150 de ces restes de feuilles il n'a pas été possible d'arriver à une détermination complète (genre et espèce) ; en effet ou la nervation, ou le pourtour, ou la base ou l'apex était altéré en tout ou en partie. Nous avons préféré faire porter notre effort sur les feuilles en bon état en raison de l'importance des données fournies concernant la distribution géographique, le biotope et les indications climatiques.

Les formes à feuilles entières, celles à feuilles lobées ou crénelées et celles à aiguilles sont présentes dans les proportions suivantes : 13/3/14.

Liste des espèces

Abies sp. (feuilles et graines), *Acer* cf. *tartaricus* L., *Alnus* sp., *Benzoin antiquum* Heer, *Berberis* sp., *Castanea* cf. *sativa* Mill., *Cupressus* cf. *sempervirens* L., *Daphnogene* sp., *Libocedrites salicornioides* (Ung.) Endl, *Lonicera* sp., *Myrica ungeri* Heer, *Ostrya* cf. *carpinifolia* Scop., *Paliurus spina-christi* Mill., *Persea* cf. *indica* (L.) Spreng., *Phellodendron* cf. *amurense* Rupt, *Pinus* sp., *Pistacia* cf. *lentiscus* L., *Platanus* cf. *orientalis* L., *Populus* cf. *alba* L., *Pterocarya* cf. *fraxinifolia* (Lam.) Spach., *Quercus* cf. *cerris* L., *Quercus* cf. *ilex* L., *Salix* cf. *viminalis* L., *Taxodium dubium* (Stbg.) Heer, *Tsuga europea* Menzel (feuilles et écailles de fructifications), *Ulmus pyramidalis* Goepp.

On a donc un mélange d'aiguilles de conifères, de formes uniquement sclérophylles et d'autres appartenant à des espèces mésophylles. Il y a aussi coexistence de formes du Tertiaire élevé (*Daphnogene* sp., *Libocedrites salicornioides*, *Taxodium dubium*, *Ulmus pyramidalis*) et de formes caractéristiques de la forêt et du sous-bois des pays méditerranéens actuels (*Castanea sativa*, *Cupressus sempervirens*, *Paliurus spina-christi*, *Pistacia lentiscus*, *Quercus ilex*). Ceci souligne qu'il s'agit d'une association caractéristique de la période de passage entre une flore typiquement tertiaire et la flore actuelle.

Interprétation de la végétation et climat

Les débris végétaux ont été à l'évidence transportés par les eaux. Même si l'on admet que les aiguilles forment un matériel particulièrement résistant elles n'en témoignent pas moins du caractère xérothermique du climat. Le fait que des feuilles aisément destructibles de végétaux verts soient bien conservées en mélange avec des feuilles plus résistantes de plantes sclérophylles et des aiguilles indique que la provenance du matériel est proche.

L'association des formes est représentative d'un milieu végétal caractéristique d'une région côtière ou voisine de la côte.

Ce milieu devait se présenter comme ce qui a été défini sous le nom de prémaquis par Palamarev (1967). Ce biotope diffère du type de végétation méditerranéen actuel dans la mesure où celui-ci a subi une altération humaine importante et par la présence d'espèces fossiles qui ont migré vers l'Asie et l'Amérique du Nord. Pour une association analogue Andreansky (1963) a créé l'expression de « jungtertiäres Trockenelement » (élément xérothermique du Tertiaire supérieur). Une association végétale identique est décrite par Greuter (1970) et forme l'essentiel de son « eumesogaeic element ».

D'après Palamarev (1967) il n'y aurait pas une séparation stricte entre l'association à *Quercus ilex* et le bosquet à *Ostrya* mais plutôt une imbrication. Ceci est bien reflété par l'assemblage fossile de l'affleurement de Paghi.

Il serait toutefois faux d'imaginer une flore uniforme contrôlée par un fort déficit en eaux de pluie. Ceci serait en contradiction avec l'existence de *Castanea*, *Platanus*, *Populus*, *Salix* et *Taxodium dubium*, formes demandant toutes une certaine humidité. Ces formes ont dû peupler les bas fonds et doivent donc représenter une végétation établie le long des rives des fleuves.

Une étude climatique fondée sur l'analyse de la macroflore d'un seul niveau court le risque de ne donner qu'une image instantanée. L'image en soi est correcte si elle s'applique au moment précis de la trouvaille ; par contre, elle risque de donner une fausse impression si elle est appliquée à l'ensemble de la formation. Il est donc particulièrement intéressant de constater que l'affleurement de « Paghi I » présente, outre le fait de contenir un riche assemblage de restes végétaux, des récurrences de couches à restes végétaux. Deux de ces niveaux, l'un situé à la base, l'autre immédiatement au sommet de « l'événement évaporitique n° II », ont été étudiés séparément de manière à les comparer. Le matériel provenant du sommet de « l'événement évaporitique n° II » montre un moins grand nombre de spécimens et d'espèces que celui de la base. Cependant, toutes les espèces caractéristiques sont présentes, avec en plus *Myrica ungeri* Heer et *Quercus* cf. *cerris* L. Un résultat analogue est également fourni par les débris végétaux inclus dans les marnes gypseuses intercalées dans des lits de gypse au sein de l' « événement évaporitique n° II ». Ainsi donc pour l'espace correspondant dans l'affleurement de « Paghi I » à 2 ou 3 m de sédiments, soit donc à une période voisine de 10 000 à 15 000 ans, nous pouvons certifier que les conditions climatiques sont demeurées stables sans que se manifeste une quelconque tendance générale à un réchauffement ou à un refroidissement.

Pollen

Les résultats palynologiques sont dus à E. Schulz de Würzburg (affleurement de Cap Liakas) et L. Benda de Hanovre (affleurements de Cap Liakas et Paghi). La conservation des pollens est en général bonne, mais on note cependant des traces de corrosion. Aussi l'analyse risque-t-elle de traduire le résultat d'une sélection des pollens résistants. Différents types de pins sont abondants, pins montagnards (*Pinus haploxylon*) comme pins forestiers (*Pinus diploxylon*). Il s'y mêle un certain nombre d'éléments typiquement tertiaires (*Taxodium dubium*, *Tsuga*). Les formes du groupe *Quercus* et du type *Castanea* sont nombreuses,

les Oleaceae, Juglandaceae, Eleagnus, Ceratonia et Cistaceae un peu moins abondantes. Parmi les pollens des formes herbacées, les plus fréquents sont ceux des Gaminaceae, des Chenopodiaceae, des Borraginaceae et des Cyperaceae. Ils sont la marque d'une végétation découverte avec cependant quelques Fougères qui indiquent qu'existaient des emplacements humides et ombragés.

Ainsi l'analyse palynologique comme la détermination des macroflores conduit à la mise en évidence au Messinien de la coexistence d'une part d'un biotope sec, d'autre part d'un biotope humide.

Conclusions concernant les flores

Les études des différents matériaux provenant de différents niveaux et différents gisements prouvent que les conditions climatiques du Messinien n'étaient pas fondamentalement différentes, dans le domaine méditerranéen, des conditions climatiques actuelles. Il existait des saisons estivales sèches et chaudes et de brèves périodes hivernales humides où se produisait l'essentiel des précipitations (au maximum 1000 mm p.a.).

Comparaison de la flore des îles Ioniennes avec les flores du domaine circumméditerranéen

Des flores d'âge messinien ont été découvertes dans le bassin piémontais (Peola, 1901) et en Toscane (Berger, 1957). De plus, des comparaisons sont possibles avec des flores du même âge provenant de Macédoine occidentale (Schneider et Venizelos, 1973) et de Bulgarie (Stefanoff et Jordanoff, 1935) et des analyses polliniques effectuées sur des séries italiennes (Trevisan, 1967), sur des échantillons du site DSDP 132 en mer Tyrrhénienne (Bertolani-Marchetti et Cita, 1975) et surtout sur des séries d'Anatolie occidentale (Benda, 1971*b*, 1973).

Les recherches paléobotaniques de Peola sur le Piémont conduisent à envisager un climat légèrement plus chaud que l'actuel. Il ne devait pas être aride puisque des formes comme *Acer*, *Alnus*, *Corylus*, *Fagus*, *Juglans*, *Salix* et *Ulmus* impliquent pour se développer une certaine quantité de précipitations.

La flore de Toscane est extrêmement riche et variée. Depuis la fin du siècle précédent de nombreux géologues ont effectué des récoltes réparties dans un certain nombre de collections. Berger (1957) analysant cette macroflore hétérogène a pu définir plusieurs biotopes. Il a distingué une forêt d'essences toujours vertes dans les zones côtières à climat chaud et humide, un étage à *Pinus-Sequoia-Quercus* avec un climat modérément chaud et qui couvrait les pentes montagneuses, et finalement un étage herbacé plutôt sec à tendance de savane.

Les résultats de L. Trevisan sont fondés sur les sporomorphes et les pollens de la même région. Ils diffèrent légèrement de ceux de Berger. Ils sont par contre en parfait accord avec ceux obtenus par Benda (1971*b*) sur du matériel d'Anatolie occidentale. Benda met en évidence une tendance générale au rafraîchissement à partir de la fin du Serravallien ou du début du Tortonien, en connexion avec une raréfaction des précipitations. Cependant,

le climat demeurait modérément chaud et même chaud comme l'ont montré Bertolani-Marchetti et Cita (1975) en se fondant sur le matériel récupéré au site DSDP 132 (mer Tyrrhénienne) même si celui-ci est très incomplet. Stefanoff et Jordanoff (1935) ont étudié des niveaux de même âge dans la plaine de Sofia (Bulgarie). Cet assemblage local de plantes fossiles montre les mêmes tendances que les flores d'Italie du Nord et des îles Ioniennes, ainsi d'ailleurs que celles de Macédoine occidentale (Schneider et Velitzelos, 1973).

Les flores du Piémont, de Toscane, des îles Ioniennes, de Macédoine et de Bulgarie sont donc indicatrices de l'existence de reliefs, de l'existence de divers étages végétaux caractéristiques et d'un climat marqué par des périodes estivales chaudes et sèches et des hivers humides. Les données palynologiques complètent ces indications par celle d'une tendance générale au refroidissement et à la diminution des précipitations par rapport aux conditions climatiques tropicales à subtropicales qui caractérisaient le début du Tertiaire.

Remerciements

Je remercie, le Pr W. Jung (Université de Munich) qui a déterminé la macroflore, le Pr L. Benda (Hanovre) et le Dr E. Schulz (Würzburg) qui ont étudié les pollens, A. Sonné-Rayes (Munich), F. Orszag-Sperber (Université d'Orsay) et G. H. Mascle (Université Pierre et Marie Curie, Paris) qui ont relu le manuscrit.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Andreansky, G., 1963. — Das Trockenelement in der jungtertiären Flora Mitteleuropas. *Vegetatio*, **11** : 155-172.

Benda, L., 1971*b*. — Grundzüge einer pollenanalytischen Gliederung des türkischen Jungtertiärs. *Beih. geol. Jb.*, **113** : 46 p., 1 tabl. 4 pl.

— 1973. — Late Miocene Sporomorph Assemblages from the Mediterranean and their possible Paleoclimatological Implications. *In* : Drooger (ed.) : Messinian Events in the Mediterranean : 256-259.

Berger, W., 1958. — Untersuchungen an der obermiozänen (sarmatischen) Flora von Gabbro (Monti Livornesi) in der Toskana. *Palaeontogr. ital.*, **51** : 1-96.

Bertolani-Marchetti, D. et M. B. Cita, 1975. — Palynological investigations on Late Messinian sediments recorded at DSDP Site 132 and their bearing on the deep basin desiccation model. *Riv. ital. Paleont. Stratigr.*, **81** (3) : 281-308 tav. 37-40.

Greuter, E., 1970. — Zur Paläogeographie und Florengeschichte der südlichen Ägäis. *Feddes Repert.*, **81** : 233-242.

Heimann, Karl O., 1977. — Die Fazies des Messins und Untersten Pliozäns auf den Ionischen Inseln (Zakynthos, Kephallinia, Korfu) und auf Sizilien. Diss, München : 158 p., 98 fig. & pl.

Heimann, Karl O., et W. Jung, 1976. — Palökologische und fazielle Untersuchungen an Gesteinen des Evaporitzyklus II bei Paghi/Korfu. *Mitt. Bayer. Staatss. Paläont. hist. Geol.*, München, **16** : 105-111.

Heimann, Karl O., W. Jung, et K. Braune, 1975. — Schichtenfolge und Flora des Messiniens von Nord-Korfu. *Mitt. Bayer. Staatss. Paläont. hist. Geol.*, München, **15** : 169-177.

Palamarev, E., 1967. — Xerotherme Elemente in der Tertiärflora Bulgariens und Aspekte zum Problem der Formierung der mediterranen Flora auf der Balkanhalbinsel. *Abh. Zentr. Geol. Inst.*, Berlin, **10** : 165-175.

Peola, P., 1901. — La vegetazione in Piemonte durante l'Era Terziaria. *Riv. Fis. Mat. Sci. nat.*

Schneider, H. E., et E. Velitzelos, 1973. — Jungtertiäre Pflanzenfunde aus dem Becken von Vegora in West-Makedonien. *Ann. Mus. Goulandris*, Kifisia, **1** : 245-249.

Stefanoff, B., et D. Jordanoff, 1935. — Studies upon the Pliocene Flora of the Plain of Sofia. *Abh. Bulg. Geol. Ges.* **29** : 1-150.

Trevisan, L., 1967. — Pollini fossili del Miocene sup. nei Tripoli del Gabbro (Toscana). *Paleontogr. ital.*, **42** : 1-78.

Manuscrit déposé le 19 juin 1978.

Bull. Mus. natn. Hist. nat., Paris, 4e sér., 1, 1979,
section C, nº 1 : 25-33.

Découverte de *Dapalis* (= *Smerdis*) *macrurus* (Ag.) (Poisson téléostéen) dans l'Oligocène du bassin de Valence (Drôme) : implications stratigraphiques et paléoécologiques

par Jean Gaudant et Yves Guillevin *

Résumé. — La découverte de *Dapalis macrurus* (Ag.) à la base de la série non-évaporitique recoupée par un sondage implanté dans le bassin de Valence (Drôme) permet de dater cette formation de l'Oligocène moyen. La présence de cette espèce traduit en outre la disparition du régime évaporitique et l'établissement d'un milieu continental.

Abstract. — The finding of *Dapalis macrurus* (Ag.) in the basal part of the non-evaporitic series, traversed by a boring made in the Valence basin (Drôme, France), allows the assignment of a Middle Oligocene age to this formation. The occurrence of this species indicates also the disappearance of evaporitic conditions and the setting up of a continental environment.

Introduction

Le Poisson faisant l'objet de cette note a été découvert par l'un d'entre nous (Y. G.) au cours de l'échantillonnage d'un forage profond du Gaz de France (Te 1) implanté à Tersanne (Drôme), dans le bassin d'effondrement oligocène de la région de Valence (fig. 1).

Le sondage, fort bien carotté, traverse une bonne partie de la série évaporitique oligocène (puissance observée 1 500 m). Bien que le substratum secondaire ou éocène n'ait jamais été atteint, l'Oligocène du bassin de Valence peut être divisé en trois parties :

— une série salifère inférieure ; les évaporites sont représentées par une majorité de chlorures (halite),

— une série non-évaporitique à dominante argileuse avec cependant quelques intercalations carbonatées et sulfatées (anhydrite),

— une série salifère supérieure (halite, anhydrite) de faible puissance et d'extension horizontale réduite.

Le milieu évaporitique étant, comme chacun le sait, peu favorable au développement de la vie, il est très difficile de procéder à des coupures stratigraphiques précises au sein de l'Oligocène. Bien souvent, les variations verticales de faciès ont servi de limite aux diffé-

* J. Gaudant : *17, rue du Docteur Magnan, 75013 Paris.*
Y. Guillevin : *Laboratoire de Géologie du Muséum national d'Histoire naturelle, 43, rue de Buffon, 75005 Paris. Adresse actuelle : Esso Rep, 213, cours Victor Hugo, 33321 Bègles.*

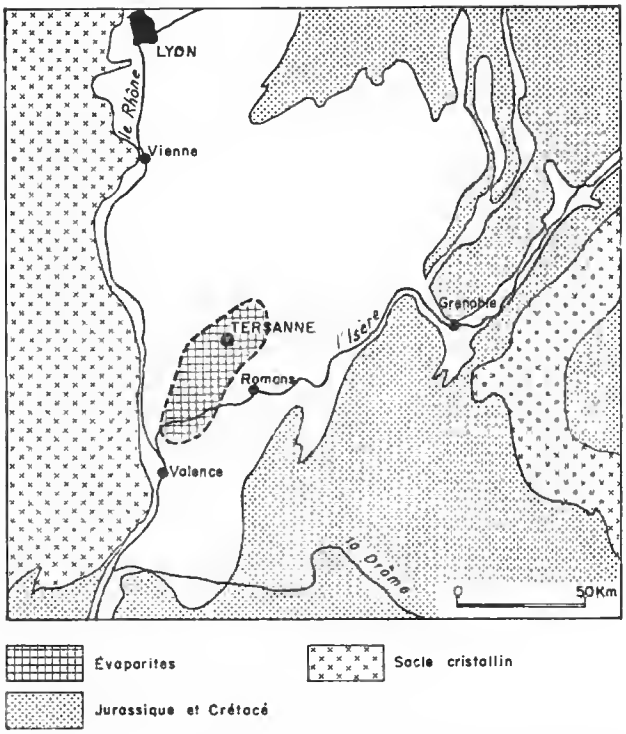


Fig. 1. — Situation géographique du bassin de Valence.

rents étages : la série salifère inférieure est attribuée au « Sannoisien » ou Oligocène inférieur, les niveaux argileux à l'Oligocène moyen et enfin la série salifère supérieure à l'Oligocène supérieur (« Chattien »).

Les faciès carbonatés et argileux associés aux évaporites sont parfois riches en organismes divers. Le Poisson décrit ci-dessous a été fossilisé dans les argiles sombres de la base de la série non-évaporitique (profondeur : 1 385,90 m) alternant avec des niveaux de marnes dolomitiques et des bancs d'anhydrite massive (fig. 2).

Description anatomique

Ce Poisson (pl. I, 1), désormais conservé à l'Institut de Paléontologie du Muséum (numéro d'inventaire 1978-1), est malheureusement dépourvu de région caudale, ce qui nous prive de certains caractères importants sur le plan taxonomique. La partie conservée atteint environ 34 mm, la longueur standard du fossile pouvant être estimée à 44,5 mm environ, par référence aux distances prédorsale et préanale qui sont respectivement égales à 18 et 29 mm. La hauteur maximale du tronc atteint 11 mm pour une longueur de la tête proche de 13,5 mm.

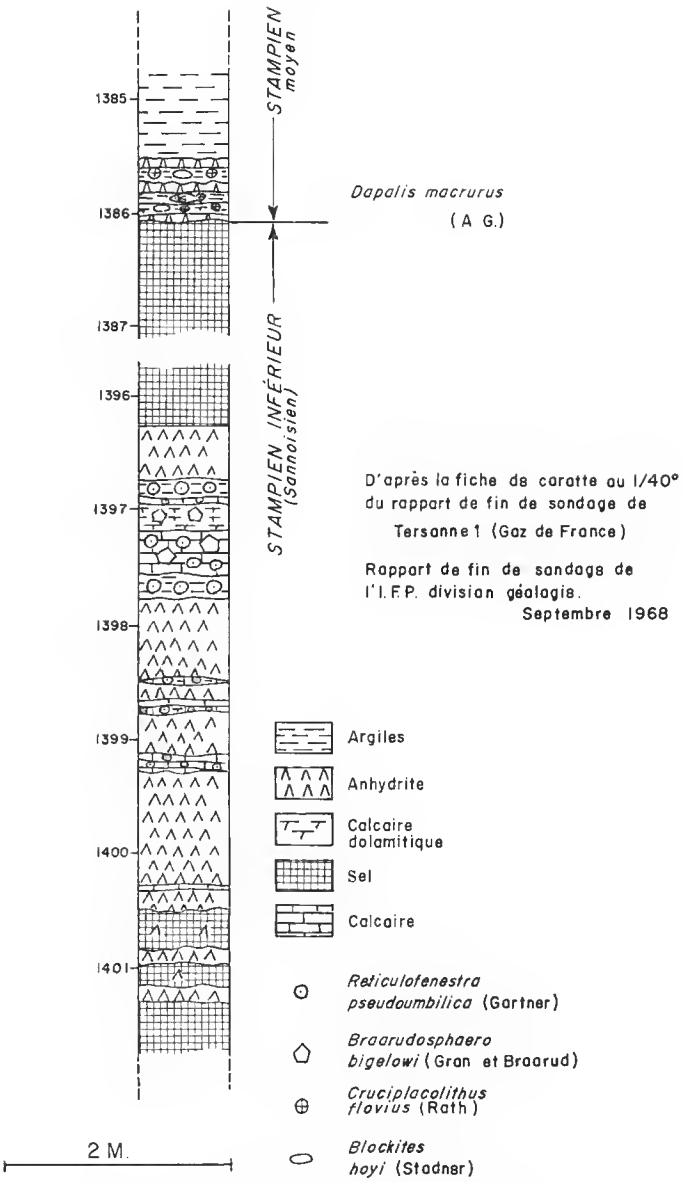


Fig. 2. — Coupe partielle du sondage de Tersanne I (Te I).

Tête : Médiocrement conservée, elle donnera lieu à une description succincte. On remarquera notamment la taille relativement grande de l'orbite dont le diamètre représente environ 1/3 de la longueur de la tête. La forme des frontaux, formant saillie au-dessus de la partie postérieure de l'orbite, rappelle la configuration observée chez certains spécimens

de *Dapalis macrurus* (AG.) provenant de Céreste (pl. I, 2). La crête sagittale du supra-occipital n'est visible que par son aiguillon antérieur disposé dans le prolongement des frontaux. La bouche, de taille modérée, s'ouvre obliquement ; l'articulation mandibulaire est située sous la moitié postérieure de l'orbite. Le bord oral de la mâchoire supérieure est exclusivement constitué par le prémaxillaire dont le processus ascendant est également bien développé. Le maxillaire, rectiligne, longe le processus oral du prémaxillaire. Le préopercule est formé de deux branches pratiquement perpendiculaires. Malgré son mauvais état de conservation, on peut observer près de son angle postéro-ventral l'empreinte de quelques épines dirigées ventralement et vers l'arrière.

Corps : La région abdominale du Poisson comporte 10 vertèbres qui portent 8 (?) paires de côtes dont la longueur diminue progressivement vers l'arrière. Les nageoires sont toutes soit incomplètes, soit médiocrement conservées. La dorsale antérieure est formée d'épines en nombre inconnu. Elle débute par une épine courte derrière laquelle la seconde épine semble avoir été à la fois la plus longue et la plus forte, sa longueur étant voisine de 9 mm. Les épines sont supportées par un endosquelette dont seuls les axonostes proximaux en baguettes sont visibles et en avant desquels on peut voir trois prédorsaux en forme de crochets. La nageoire anale est très incomplète puisqu'on y distingue seulement les deux premières épines, la première, courte, étant suivie par une épine robuste dont l'extrémité distale est détruite. Ces deux épines sont supportées par un complexe hémaxanal puissant.

La nageoire pectorale est relativement grande, comme le montrent les empreintes de ses lépidotriches disposés en éventail. Les pelviennes sont insérées juste au-dessous des pectorales. Seules sont bien visibles leurs épines dont la longueur atteint 5,5 mm.

Aucune trace d'écailles n'a pu être observée.

Analyse taxonomique

Comme on peut en juger d'après la description ci-dessus, le spécimen décrit dans cette note peut être rapporté au genre *Dapalis* Gistel (= *Smerdis* Ag., *nec* Leach), un Percoïde appartenant à la famille des Centropomidae, connu en Europe occidentale depuis le Ludien jusqu'à l'Helvétien. Ceci est attesté par la forme générale du corps, la disposition et les proportions des nageoires, le nombre et la forme des prédorsaux, le contour particulier du toit crânien et enfin par la forme du préopercule dont les bords postérieur et inférieur sont ornés de petites épines.

Si l'on cherche à pousser la détermination au niveau spécifique, il est possible d'éliminer en premier lieu l'espèce *D. ventralis* (Ag.) du Ludien de Montmartre, qui représente un type primitif avec ses pelviennes subthoraciques. Nous pouvons écarter en second lieu l'espèce « *Smerdis* » *sieblosensis* Winkler, de l'Oligocène de Sieblos (Rhön, Allemagne), réétudiée récemment par E. Martini (1965 : 296) et qui diffère de notre spécimen par le fait que, chez cette espèce, c'est la 3e ou la 4e épine de la dorsale antérieure (et non la 2e) qui est la plus longue. Parmi les autres espèces oligocènes, nous retiendrons particulièrement *D. macrurus* (Ag.), connue dans le Stampien de Provence (environs d'Apt et de Céreste notamment) et de Suisse (à Oberdorf, près de Soleure). Nous citerons enfin *D. minutus* (Bl.), du Stampien supérieur d'Aix-en-Provence.

Tableau I —. Mensurations comparées du spécimen M.N.H.N.P. 1978-1 et d'un matériel de référence provenant de Céreste (Alpes de Haute-Provence).

Spécimens \ Mensurations (mm)		Longueur standard	Hauteur maximale	Longueur de la tête	Longueur antédorsale	Longueur antéanale	Longueur de la dorsale antérieure
M.N.H.N.P. 1978-1		44,5 (est.)	11	13,5	18	29	9 env.
% de la longueur antéanale		153,4 (est.)	37,9	46,6	62,1	100	31 %
% de la longueur standard estimée		100	24,7	30,3	40,4	65,2	20 env.
M.N.H.N.P. 1888-23 (Coll. Goret)	CRT. 13	34,5	8,5	10,5	13,5	21,5	7,5
	CRT. 22	36	8,5	10,5	14	24	7
	CRT. 21	45	11,5	15	18	27,5	-
	CRT. 3	45,5	10,5	15	19	30	8
	CRT. 15	47	11	14	19,5	30,5	9
	CRT. 2	49	11	15,5	19,5	31,5	9
	CRT. 25	49,5	11	14,5	19,5	31	8,5
	CRT. 7	51,5	12	15	21	34	10
	CRT. 6	55,5	12,5	17	23	37	10,5
	CRT. 1	63,5	14,5	18,5	27	41	11,5
% moyen en fonction de la longueur antéanale		154,9	36	47,2	63	100	29,2
% moyen en fonction de la longueur standard		100	23,3	30,5	40,7	64,6	19

Il est clair que les quelques proportions relevées sur le spécimen étudié dans cette note diffèrent nettement de celles de *D. minutus* (Bl.), espèce caractérisée par une tête sensiblement plus courte et par des nageoires (notamment la dorsale antérieure) aux épines beaucoup plus longues. En définitive, c'est donc à l'espèce *Dapalis macrurus* (Ag.) qu'il faut rapporter notre fossile, comme le démontre le tableau I qui permet de confronter ses quelques mensurations utilisables avec celles obtenues sur dix jeunes individus de *Dapalis macrurus* récoltés à Céreste par Goret (matériel conservé à l'Institut de Paléontologie du Muséum national d'Histoire naturelle).

Répartition stratigraphique de l'espèce *Dapalis macrurus* (Ag.)

L'espèce *Dapalis macrurus* a été créée par L. Agassiz (1833 : 57) pour des spécimens provenant des schistes carton d'Apt (Vaucluse), l'auteur la signalant également à Manosque (Alpes de Haute-Provence). H. E. Sauvage (1880 : 441-443) puis N. Theobald et L. Piton (1937 : 69-72) l'ont ensuite décrite à Céreste (Alpes de Haute-Provence) d'après les collections constituées par Fliche et Goret. Cette espèce est également signalée en divers autres points de l'Oligocène moyen du bassin d'Apt dont la position stratigraphique varie depuis la zone mammalogique des Chapelins jusqu'à la base de celle d'Antoingt. Elle existe aussi dans des niveaux sensiblement synchrones à Oberdorf, près de Soleure (Suisse). En outre, C. Montenat (1968 : 10) l'a découverte dans le Stampien de Montbrun-les-Bains (Drôme). Cette espèce est en outre présente dans la partie inférieure des marnes gypsifères d'Aix-en-Provence (J. Gaudant, 1978*a*) dont l'âge est considéré par M. Hugueney et G. Truc (1976 : 365) comme Oligocène supérieur (Chattien des auteurs). Enfin, d'après R. Beregov (1936), W. Weiler (1939) et D. Mordant (1965), *Dapalis macrurus* (Ag.) existerait également dans l'Oligocène des environs de Radomir et de Kraichté (Bulgarie).

Si l'on se réfère aux données stratigraphiques intéressant le sud-est de la France et la Suisse (M. Vianey-Liaud, 1976 ; M. Hugueney et G. Truc, 1976), la découverte de *Dapalis macrurus* (Ag.) dans le bassin de Valence permettrait donc de dater l'horizon correspondant de l'Oligocène moyen. Toutefois, un fragment de tronc appartenant indiscutablement au genre *Dapalis* a été découvert (observation inédite) dans la zone salifère moyenne (« Lattorfien ») du bassin potassique d'Alsace. Ce spécimen incomplet ne semble pas différer de façon significative de l'espèce *D. macrurus*, bien que le nombre de lépidotriches de sa nageoire anale soit plus faible que chez la plupart des spécimens de Céreste. Cette découverte pourrait donc nous conduire à étendre vers le bas la répartition stratigraphique de l'espèce *D. macrurus* (Ag.), bien que celle-ci ne soit actuellement connue de façon certaine que dans l'Oligocène.

Interprétation paléoécologique

Bien que la signification paléoécologique de l'espèce *Dapalis macrurus* (Ag.) ait longtemps été sujette à caution, il est désormais possible de considérer cette espèce comme un bon indicateur de paléoenvironnement. Il a, en effet, été possible à l'un de nous (J. G.) de démontrer son habitat continental et son mode de vie essentiellement dulcaquicole à partir de trois gisements différents. En premier lieu (J. Gaudant, 1977*a* : 789-809), les lignites

feuilletés d'Oberdof, près de Soleure (Suisse) ont livré, en association avec d'assez nombreux restes de *Dapalis macrurus* (Ag.), deux spécimens d'un Poisson Cyprinidae appartenant au genre *Leuciscus* Cuv., dont les espèces actuelles fréquentent exclusivement les eaux douces. La même observation, encore inédite, a été répétée dans l'Oligocène moyen du bassin de Manosque où un autre genre de Cyprinidae accompagne *D. macrurus* (Ag.). Enfin, il a été récemment possible de démontrer la coexistence, dans le Stampien moyen du bassin d'Apt, de *Dapalis macrurus* (Ag.) avec une espèce primitive du genre *Esox* L. (J. Gaudant, 1978*b*).

Si l'on ajoute à ces découvertes certaines observations qui conduisent à éliminer le genre « *Smerdis* » des ichthyofaunes du Cuisien marin du Monte-Bolca (M. Sorbini Frigo et L. Sorbini, 1973 ; 69-72), de l'Oligocène moyen, également marin de Chiavon (L. Sorbini, communication orale) et de l'Oligocène moyen de Froidefontaine (J. Gaudant, 1977*b*), la signification paléoécologique du genre *Dapalis* — et particulièrement de l'espèce *D. macrurus* (Ag.) — se trouve considérablement renforcée, ces poissons paraissant n'habiter que des eaux douces ou faiblement salées.

Conclusions

La découverte de *Dapalis macrurus* (Ag.) dans les sédiments argileux de la base de la série non-évaporitique du bassin de Valence, permet donc de préciser l'appartenance stratigraphique de cet horizon à l'Oligocène moyen.

D'un point de vue paléoécologique, l'un d'entre nous (Y. G.) a souligné, dans une publication en cours, la présence d'une nannoflore abondante dans les laminites carbonatées du sommet de la série salifère inférieure et dans les marnes dolomitiques associées au niveau argileux à *Dapalis macrurus* (Ag.). Cette nannoflore d'origine marine présente un certain nombre de caractères différents :

— des associations monospécifiques composées de formes marines soulignant la salinité anormale de la tranche d'eau euphotique d'où elles proviennent,

— des associations plurispécifiques (3 à 4 espèces) composées d'individus de taille normale indiquant des influences marines plus franches dans le milieu de sédimentation,

— des niveaux renfermant uniquement une espèce *Braarudosphaera bigelowi* Gran & Braarud s'adaptant à une certaine dessalure et qui, semble-t-il (en comparaison avec l'actuel), indique un milieu de dépôt fortement soumis aux influences continentales.

L'alternance irrégulière de ces sédiments laminés à nannoflore abondante et la présence de *Dapalis macrurus* (Ag.) met en évidence le recul du milieu évaporitique, ses récurrences et enfin sa disparition progressive au profit du milieu continental.

Remerciements

Cette étude a été réalisée dans le cadre d'une thèse d'état de l'un d'entre nous (Y. Guillevin) qui tient à remercier vivement MM. E. Blondin du Gaz de France, ainsi que C. Pinel et Y. Mathieu de la division géologique de l'institut Français du Pétrole, qui ont rendu possible ce travail en lui confiant du matériel d'étude (carottes) et des documents (diagraphies) d'une valeur irremplaçable.

Ce thème de recherches a été défini par M. G. Busson, Sous-Directeur du Laboratoire de Géologie du Muséum national d'Histoire naturelle, qui en assure également la direction scientifique ; le financement des travaux étant effectué par la Société SNEA (P).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Agassiz, L., 1833-44. — Recherches sur les Poissons fossiles. Petitpierre, Neuchâtel. T. IV : 57.

Beregov, R., 1936. — *Smerdis macrurus* Agassiz de l'Oligocène de la Bulgarie du Sud-Ouest. *Geologica balk.*, **2** : 96-100, 2 pl.

Gaudant, J., 1977*a*. — Nouvelles observations sur l'ichthyofaune stampienne d'Oberdorf (Canton de Soleure). *Eclog. geol. Helv.*, **70** (3) : 789-809, 6 fig., 1 tabl., 2 pl.

— 1977*b*. — Objections à la présence de *Dapalis* (= *Smerdis*) *macrurus* (Ag.) (Poisson téléostéen) dans l'Oligocène de Froidefontaine (Territoire de Belfort). *C. r. somm. séanc. Soc. géol. Fr.*, 1977 : 318-319.

— 1978*a*. — Sur les conditions de gisement de l'ichthyofaune stampienne d'Aix-en-Provence : Essai de définition d'un modèle paléoécologique et paléogéographique. *Géobios*, **11** : 393-397, 1 tabl., 1 fig.

— 1978*b*. Découverte du plus ancien représentant connu du genre *Esox* L. (Poisson téléostéen, *Esocoidei*) dans le Stampien moyen du bassin d'Apt (Vaucluse). *Géologie méditerranéenne*, Aix-en-Provence, **6** : 257-268, 9 fig., 2 pl.

Guillevin, Y. — Les faciès carbonatés associés aux évaporites du bassin de Valence. (*A paraître.*)

Hugueney, M., et G. Truc. — Corrélations stratigraphiques et paléogéographie des formations marines et continentales à la limite Oligocène-Miocène dans le S E de la France. *Géobios*, **9** : 363-365, 1 fig.

Martini, E., 1965. — Die Fischfauna von Sieblos/Rhön (Oligozän). 1 : *Smerdis* Skelette mit Otolithen in situ. *Senckenberg. leth.*, Bd 46 a : 291-305, 7 fig., pl. 19-21.

Montenat, C., 1968. — Contribution à l'étude des formations tertiaires continentales des Baronnies. *Bull. Bur. Rech. geol. min.*, 2e sér., section I, n° 2 : 1-18, 5 fig.

Mordant, D., 1965. — Contribution à l'étude du genre *Smerdis*. D.E.S. Fac. Sci. Univ. Paris. (Inédit.)

Rapport de fin de sondage du forage de Tersanne Te 1 (Gaz de France). Stockage de Tersanne, Institut Français du Pétrole. Division Géologie — Septembre 1968. (Inédit.)

Sauvage, H. E., 1880. — Notice sur les Poissons tertiaires de Céreste (Basses-Alpes). *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e sér., **8** : 439-451, pl. XII.

Sorbini Frigo, M., et L. Sorbini, 1973. — Revisione del genere fossile *Cyclopoma* Agassiz e suoi rapporti con l'attuale genere *Percalates* Ramsay e Ogilby (Pisces). *Studi Ric. sui Giacimenti terziari di Bolca*, **2** : 55-84, 11 fig., 7 diagr., 1 tabl.

Theobald, N., et L. Piton, 1937. — Les Poissons tertiaires de Céreste (Basses-Alpes). *Bull. Soc. géol. Fr.*, 5e sér., **7** : 69-75, pl. IV.

Vianey-Liaud, M., 1976. — Évolution des Rongeurs à l'Oligocène en Europe occidentale. Thèse Doctorat d'État, Montpellier (CNRS, AO 12290).

Weiler, W., 1939. — Über die systematische Stellung der fossilen Gattung *Smerdis* (Klasse Pisces) auf Grund neuerer Funde im Alttertiär Sudwest-Bulgariens. *Zentbl. Miner. Geol. Paläont.* Jahrgang 1939, Abt. A, n° 6 : 245-250, 3 fig.

Manuscrit déposé le 7 juin 1978.

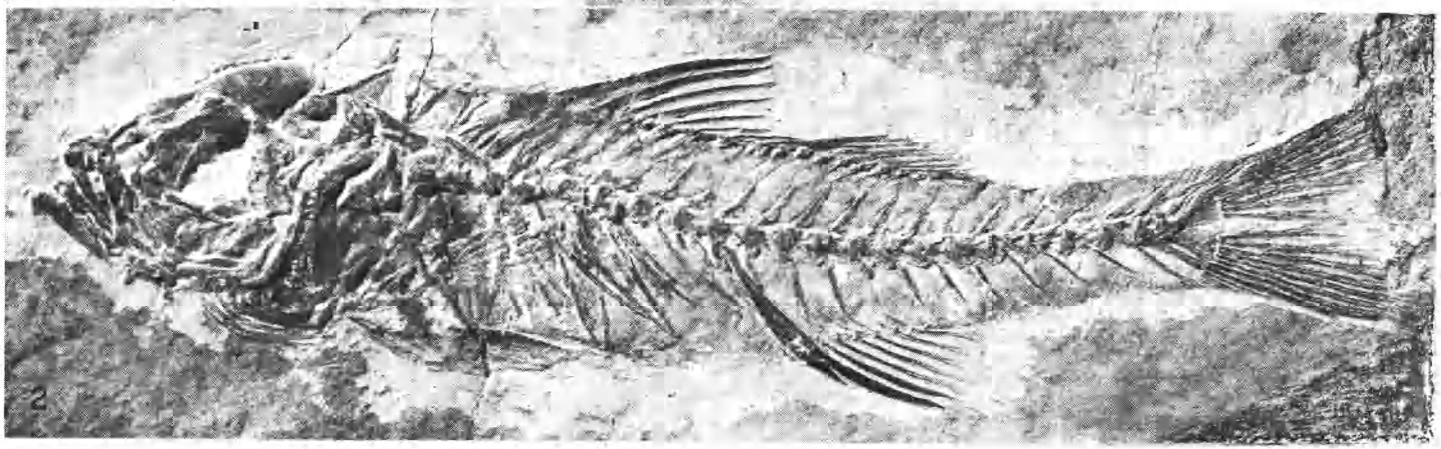


PLANCHE I

1. — *Dapalis macrurus* (Ag.). Spécimen M.N.H.N.P. 1978-1, provenant du sondage Tersanne 1 implanté dans le Paléogène du bassin de Valence (Drôme). (X 10/3)

2. — *Dapalis macrurus* (Ag.). Spécimen M.N.H.N.P. CRT. 1, provenant de l'Oligocène moyen de Céreste (Alpes de Haute-Provence). (Collection Goret.) (X 2,5)

(*Clichés D. Serrette.*)

Bull. Mus. natn. Hist. nat., Paris, 4e sér., **1**, 1979,
section C, nº 1 : 35-49.

Révision taxonomique des Nimravini (Carnivora Felidae) de l'Oligocène des Phosphorites du Quercy

par Léonard Ginsburg *

Résumé. — Révision systématique des Nimravini du Quercy. Quatre espèces sont reconnues : *Nimravus intermedius* (Filhol), *Dinailurictis bonali* Helbing, *Quercylurus major* n. gen. n. sp. et *Eofelis edwardsii* (Filhol). Toutes ces formes sont d'âge Oligocène.

Abstract. — Systematic revision of the Nimravini of the Phosphorites deposits in Quercy (France). Four taxons are valids : *Nimravus intermedius* (Filhol), *Dinailurictis bonali* Helbing, *Quercylurus major* n. gen. n. sp. and *Eofelis edwardsii* (Filhol). All are Oligocene (Stampian) in age.

Les Félidés apparaissent à l'Oligocène inférieur dans les gisements d'Europe et d'Amérique du Nord, avec des formes déjà très spécialisées. C'est dire dès l'abord que l'origine des Félidés reste dans l'ombre. Les problèmes concernant l'évolution ultérieure des Félidés, malgré d'importants matériaux et de nombreux travaux, ne sont pas tous résolus. Afin de les aborder de manière satisfaisante, une révision préliminaire, au niveau de l'espèce et du genre, s'impose. Le but de cet article est de donner une systématique claire et moderne des Nimravini des Phosphorites du Quercy, qui recouvrent toutes les formes connues en Europe à cette époque. Cette étude a été faite sur des matériaux des Phosphorites du Quercy des anciennes collections du Muséum de Paris, ainsi que sur ceux récoltés récemment par l'équipe qui, sous l'impulsion dynamique de L. Thaler, a donné à ces gisements du Quercy un spectaculaire regain d'intérêt. Je suis heureux de remercier ici M. Louis de Bonis, à qui les Carnivores de ces dernières fouilles ont été confiés, de m'avoir prêté les pièces de Nimravinés.

J'adopterai ici, comme base de travail, une classification des Felidae en deux sous-familles, les Nimravinae et les Felinae, la première comprenant les tribus des Nimravini et des Eusmilini, la seconde les tribus des Proailurini, des Machairodontini et des Felini. Les Nimravinae se distinguent des Felinae par l'angle mentonnier vif et par la présence, sur la face externe de l'alisphénoïde, d'une dépression commune au fond ou à fleur de laquelle s'ouvrent le trou déchiré antérieur (= fenêtre sphénoïdale = fenêtre sphéno-orbitaire = fissure orbitaire) et l'orifice antérieur du trou rond, tandis que le foramen optique s'ouvre très indépendamment plus haut et plus en avant. Cette sous-famille regroupe les tribus des Nimravini et des Eusmilini.

* *Institut de Paléontologie du Muséum national d'Histoire naturelle, 8 rue de Buffon, 75005 Paris.*

ÉTUDE SYSTÉMATIQUE

Famille Felidae Gray, 1821

Sous-famille Nimravinae Trouessart, 1886

Tribu Nimravini Trouessart, 1886

NIMRAVUS Cope, 1879

= *Aelurogale* Filhol, 1872.
= *Archaeolurus* Cope, 1879.
= *Aelurictis* Trouessart, 1886.
= *Nimravinus* Kretzoi, 1945 : 65.

Le genre *Aelurogale* Filhol, quoique plus ancien que celui de *Nimravus* Cope, doit être abandonné car il était déjà préemployé lors de sa création, Fitzinger, d'après Trouessart (1886 : 92), l'ayant déjà employé sous le nom trop peu différent d'*Ailurogale* pour désigner le *Felis planiceps* actuel de l'Insulinde.

Espèce-type : *Nimravus brachyops* (Cope, 1878).

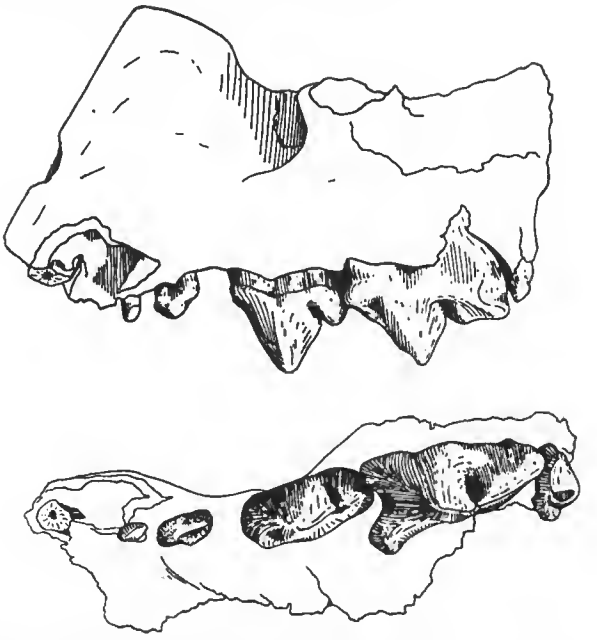


Fig. 1. — *Nimravus intermedius*. Maxillaire gauche (Qu 9496) avec canine de lait brisée, P^1-M^1. En haut face externe, en bas face occlusale (d'après Piveteau). G. N.

Diagnose : Nimravini à denture svelte. Canine supérieure plus allongée, plus étroite et à diamètre antéro-postérieur plus important que chez les Félinés, à bords crénelés mais à face antérieure plus arrondie que chez les formes machairodontes. P^1 absente ou vestigiale ; P^2 réduite ; P^{3-4} allongées et très développées ; P^3 formée essentiellement d'une pointe principale (paracône) proéminente et d'un métacône plus petit ; une crête bien en relief descend de la pointe du paracône vers l'angle antéro-interne de la dent. P^4 à talon interne (protocône) allongé en avant, mais bas. M^1 réduite. Bord symphysaire de la mandibule rectiligne, faisant un angle net avec le bord inférieur de la branche horizontale. Sous la symphyse, une forte dépression, aux bords bien marqués, apparaît nettement comme une insertion musculaire (celle sans doute du génioglosse). Canine inférieure bien plus petite et courte que la canine supérieure, et relativement épaisse. P_{1-2} réduites ou absentes. P_{3-4} hautes et bien développées, avec denticules accessoires (paraconide et hypoconide) importants. M_1 allongée et étroite à paraconide et protoconide formant un tranchant peu convexe ; talonide simple, tranchant, subsymétrique, petit ; M_2 très réduite, uniradiculée.

Répartition : Oligocène d'Europe et d'Amérique du Nord.

Nimravus intermedius (Filhol, 1872)

Aelurogale intermedia Filhol, 1873, pl. V, fig. 23-24-25.
pars *Aelurogale intermedia* Filhol, 1877, fig. 209-210-211.
pars *Ailuriotis intermedia* (Filhol). Trouessart, 1886 : 92 ; et 1897 : 343.
Ailuriotis intermedia (Filhol). Kretzoi, 1929 : 1293.
pars *Nimravus intermedius* (Filhol). Piveteau, 1931 : fig. 1, 2, 3 ; pl. I fig. 1-2-3-5-6 ; pl. II fig. 5-6-8 ; pl. III fig. 2-3-6.

Diagnose : *Nimravus* de taille moyenne, à canine supérieure forte ; P^1 résiduelle ; P^3 à reste de protocône marqué seulement par un renflement de la muraille interne au pied de la partie postérieure du cône principal, et à petit talon (métacône) en arrière du paracône ; P^4 munie ou non d'un parastyle et d'un ectoparastyle ; M^1 réduite, légèrement allongée transversalement et de forme triangulaire ; P_1 parfois conservée ; P_2 petite, à deux racines souvent coalescentes ; P_3 svelte, élancée, aussi haute que P_4 ; M_1 allongée ; M_2 vestigiale.

Type : hémimandibule gauche avec M_1, figurée par Filhol (1872-1873 : pl. V, fig. 23-24-25), provenant des Phosphorites de Caylux, conservée au Muséum de Paris. Qu 9541. $M_1 = 18{,}2 \times 6{,}8$ mm.

Age : Les pièces étudiées ici, provenant des anciennes collections du Quercy, ne sont pas datées. Cependant, de Bonis *et alii* (1973) signalent *Nimravus intermedius* dans les Phosphorites du Mas de Got, La Plante 2, Roquebrune 2, Hardies et Pech-Crabit. Tous ces gisements sont placés dans la zone biostratigraphique de Montalban, ce qui correspond au Stampien moyen tant de l'échelle stratigraphique de M. Richard (1948) que de celle de M. Brunet (1975). Ce dernier auteur signale aussi l'espèce plus bas, à Villebramar, d'âge Stampien inférieur (= Sannoisien des auteurs classiques).

Matériel et mesures (en millimètres)

Portion de crâne écrasé avec dents jugales gauches conservées : $P^3 = 16,1 \times 8,0$; $P^4 = 20,2 \times 11,5$; M^1 (diamètre antéro-postérieur × diamètre transversal) = $4,5 \times 9,0$. (Piveteau, 1931 : pl. I, fig. 3.) Qu 9498.

Maxillaire gauche avec C, P^2-M^1. $C = 15,0 \times 8,0$ au collet ; $P^2 = 6,2 \times 3,7$; $P^3 = 17,5 \times 7,5$; $P^4 = 22,5 \times 13,8$; $M^1 = 4,8 \times 9,0$. (Filhol, 1877 : fig. 209-210 ; Piveteau, 1931 : pl. I fig. 2.) Qu 9497.

Maxillaire gauche avec C-M^1 et alvéole de la canine de lait : $P^1 = 2,5 \times 1,9$; $P^2 = 6,1 \times 3,7$; $P^3 = 16,0 \times 8,1$; $P^4 = 21,3 \times 11,8$; $M^1 = 4,5 \times 11,0$. (Piveteau, 1931 : fig. 1 et pl. I, fig. 1.) Qu 9496.

Maxillaire droit avec P^4-M^1. $P^4 = 22,8 \times 12,4$; $M^1 = 5,3 \times 10,6$. Qu 9531.

Maxillaire droit avec P^3-P^4. $P^3 = ? \times 5,3$; $P^4 = 16,4 \times 8,9$. Mas de Got B. MGB 11.

C supérieure droite. $12,8 \times 7,0$ (Piveteau, 1931 : pl. I fig. 5). Qu 9495.

C supérieure gauche. $12,8 \times 7,0$. Qu 9441.

C supérieure droite très fraîche, brisée à son extrémité. $18,5 \times 9,5$. Qu 9529.

C supérieure gauche, incomplète. $17,3 \times 8,5$. Qu 9527.

C supérieure droite. $14,0 \times 7,5$. Qu 9526.

P^4 supérieure gauche. $18,3 \times 9,7$. La Plante 2. LPL 4.

Hémimandibule gauche avec M_1. Type. $M_1 = 18,2 \times 6,8$. (Filhol, 1872-73 : fig. 23, 24, 25.) Qu 9541.

Hémimandibule gauche avec C, P_3-M_1. $C = 9,2 \times 6,8$; $P_3 = 14,3 \times 6,7$; $P_4 = 16,6 \times 6,6$; $M_1 = 21,8 \times 8,4$. (Filhol, 1877 : fig. 211 ; Piveteau, 1931 : pl. III fig. 3.) Qu 9500.

Hémimandibule droite avec I_2-M_1. I_2 (diamètre antéro-postérieur × diamètre transversal) = $3,1 \times 2,9$; $I_3 = 3,8 \times 3,5$; $C = 8,5 \times 6,2$; $P_1 = 2,3 \times 2,0$; $P_2 = 4,3 \times 2,8$; $P_3 = 13,3 \times 6,6$; $P_4 = 17,3 \times 7,5$; $M_1 = 23,2 \times 8,7$. (Piveteau, 1931 : fig. 2 et pl. III fig. 6.) Qu 9499.

Hémimandibule gauche avec P_3-M_2. $P_3 = 10,8 \times 4,9$; $P_4 = 12,7 \times 5,3$; $M_1 = 16,6 \times 6,1$; $M_2 = 3,0 \times 2,4$ (Piveteau, 1931 : pl. II fig. 8). Qu 9533.

Hémimandibule droite avec P_2-M_1. $P_2 = 4,3 \times 2,4$; $P_3 = 11,6 \times 5,4$; $P_4 = 14,3 \times 5,6$; $M_1 = 19,3 \times 6,5$. Qu 9534.

Hémimandibule gauche avec P_2-M_2 (Piveteau, 1931 : pl. III fig. 2).

Hémimandibule gauche avec C, P_4-M_1. $C = 7,6 \times 5,5$; $P_4 = 14,2 \times 6,3$; $M_1 = 19,9 \times 7,0$ (Piveteau, 1931 : pl. II fig. 5). Qu 9535.

Fragment d'hémimandibule droite avec P_4-M_1. $P_4 = 13,5 \times 5,6$; $M_1 = (19,9) \times 6,8$. Qu 9538.

Fragment d'hémimandibule droite avec M_1. $M_1 = 19,2 \times 7,0$. Qu 9537.

Fragment d'hémimandibule droite avec C, P_2-P_4. $C = 9,2 \times 6,9$; $P_2 = 4,3 \times 2,5$; $P_3 = 12,4 \times 5,5$; $P_4 = 15,4 \times 6,6$. (Piveteau, 1931, pl. I fig. 6.) Qu 9536.

Fragment d'hémimandibule gauche avec P_4-P_4 = $15,8 \times 6,9$. Qu 9484.

Fragment d'hémimandibule gauche avec P_4. $P_4 = 14,2 \times 5,2$. Qu 9532.

Fragment d'hémimandibule droite avec C. $C = 8,3 \times 6,7$. Qu 9524.

Fragment d'hémimandibule gauche avec P_3-P_4. $P_3 = 14,4 \times 6,6$; $P_4 = 17,6 \times 7,5$. Itardies. ITD 3.

Fragment d'hémimandibule gauche avec C et P_3. $C = 9,7 \times 6,4$; $P_3 = (14,5 \times 6,6)$. Itardies. ITD 17.

P_3 gauche. $13,8 \times 5,3$. Mas de Got B. MGB 18.

P_4 gauche. $? \times 6,9$. Pech-Crabit. PC 24.

M_1 droite. $23,5 \times 8,9$. Qu 9528.

M_1 droite. $18,1 \times 7,3$. Qu 9530.

M_1 gauche. $20,7 \times 8,4$. Pech-Crabit. PC 23.

M_1 gauche. $19,6 \times 6,7$. Qu 9525.

M_1 droite usée. Qu 9485.

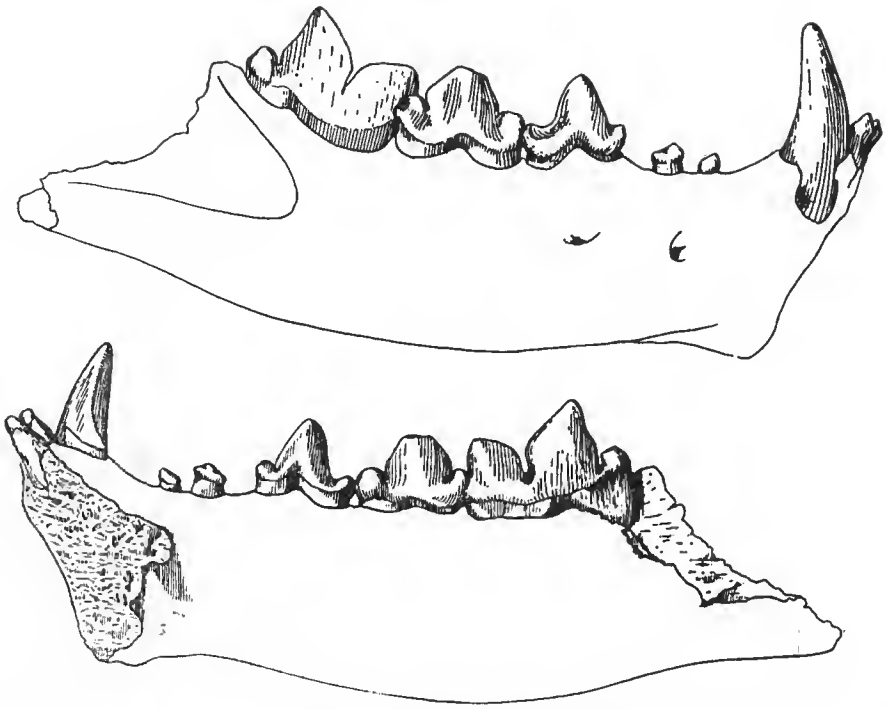


Fig. 2. — *Nimravus intermedius*. Hémimandibule droite (Qu 9499) avec I_2-M_1. En haut face externe, en bas face interne (d'après Piveteau). G. N.

Toutes les pièces citées sont morphologiquement homogènes. En particulier les canines supérieures, malgré leurs différences de taille, sont bien semblables entre elles et formées d'une face externe bombée en avant et d'une face interne plus plate, quoique traversée par un léger bombement médian ; les deux carènes, l'une postérieure, l'autre antéro-interne, sont bien crénelées. Par contre, J. Piveteau a figuré (1931 : pl. I fig. 4) une canine très bombée sur les deux faces, à l'arrière non effilé, à carène antéro-interne non rectiligne mais recourbée vers l'arrière du côté du collet. Cette dent appartient indubitablement à un autre groupe de carnivores (sans doute un Amphicyoniné). Les différences de taille entre les canines sont si frappantes qu'on est tenté de les attribuer à une différence sexuelle. Cependant les mêmes écarts dimensionnels s'observent sur les molaires. On doit donc penser soit à une différence d'âge stratigraphique, soit au fait que les femelles auraient eu une taille un peu plus petite que les mâles, en conservant des canines de mêmes proportions.

DINAILURICTIS Helbing, 1922

Espèce-type (et unique) : *Dinailurictis bonali* Helbing, 1922.

Diagnose : Nimravini de grande taille, à foramen antéorbitaire plus large et situé plus bas que chez *Nimravus intermedius*. Diastème plus court entre C et P^3. P^1 absente ;

P^2 petite, à deux racines coalescentes ; P^3 pointue mais basse, plus allongée et plus large que chez *Nimravus*, à trois racines indépendantes, la troisième correspondant à un fort renflement protoconal situé au pied du paracône. P^4 puissante, très tranchante, sans parastyle bien individualisé mais à protocône épais et arrondi, plus ou moins isolé en bouton (caractère bien visible en vue occlusale) et à paracône en simple tranchant ; M^1 très courte mais considérablement étalée transversalement. Sur la mandibule, barre entre C et P_2 plus redressée que chez *Nimravus* ; P_1 petite et biradiculée ; P_3 sans tubercule accessoire antérieur (parastylide) ; M_1 plus haute que chez *Nimravus*, et à talonide mince.

Dinailurictis bonali Helbing, 1922

pars *Aelurogale intermedia* Filhol, 1877, fig. 212.
pars *Ailurictis intermedia* (Filhol). Trouessart, 1886 : 92 et 1897 : 343.
Dinailurictis bonali Helbing. Kretzoi, 1929 : 1320.
Ailurictis helbingi n. sp. Kretzoi, 1929 : 1295.
pars *Nimravus intermedius* Filhol, race *major*. Piveteau, 1931 : pl. IV fig. 2-3.

Diagnose : celle du genre.

Type : Helbing, dans sa description originale de l'espèce, ne désigne pas de type mais décrit et figure (1922, pl. X fig. 1-2-3) trois dents (C sup., P^3 et P^4) provenant du même gisement stampien de La Tuque près de Ladignac (Lot-et-Garonne) et appartenant à la même collection Bonal. Kretzoi (1929 : 1320) désigne pour type de l'espèce la canine supérieure (Helbing, 1922 : pl. X fig. 1) et retient les P^3 et P^4 pour type de *Ailurictis helbingi*. Il eût été préférable de prendre pour type de *Dinailurictis bonali* la P^4.

Age : A part les pièces type du Stampien de La Tuque, *Dinailurictis bonali* est représenté, en dehors du Quercy, par une portion de crâne avec les dents postérieures provenant de Villebramar et appartenant aux collections du Muséum de Paris.

Matériel et mesures (en millimètres)

P^4 droite. 27,3 × 18,1. Qu 9478.

Hémimandibule gauche avec I_3, C, P_3-M_1. I_3 = 4,5 × 4,3 ; C = 10,0 × 7,5 ; P_3 = 15,7 × 7,4 ; P_4 = 19,4 × 8,3 ; M_1 = 25,2 × 9,3. (Piveteau, 1931 : pl. IV fig. 3.) Qu 9483.

Hémimandibule gauche avec M_1. M_1 = 24,3 × 9,3. (Filhol, 1877 : fig. 212 ; Piveteau, 1931 : pl. IV, fig. 2.) Qu 9480.

Fragment d'hémimandibule droite avec M_1. M_1 = 26,7 × 10,0. Qu 9381.

? C inférieure droite. 9,8 × 6,8. Qu 9494.

M_1 gauche. (25,3) × 9,6. Qu 9482.

Comme l'exprime la diagnose, *Dinailurictis bonali* se distingue de *Nimravus* par sa robustesse, le protocône plus développé de ses P^3 et P^4, sa P^3 moins haute et sa M^1 beaucoup plus allongée transversalement. La canine supérieure est considérablement plus développée et l'inférieure plus variable. Enfin la carnassière inférieure est plus haute. Sur le diagramme

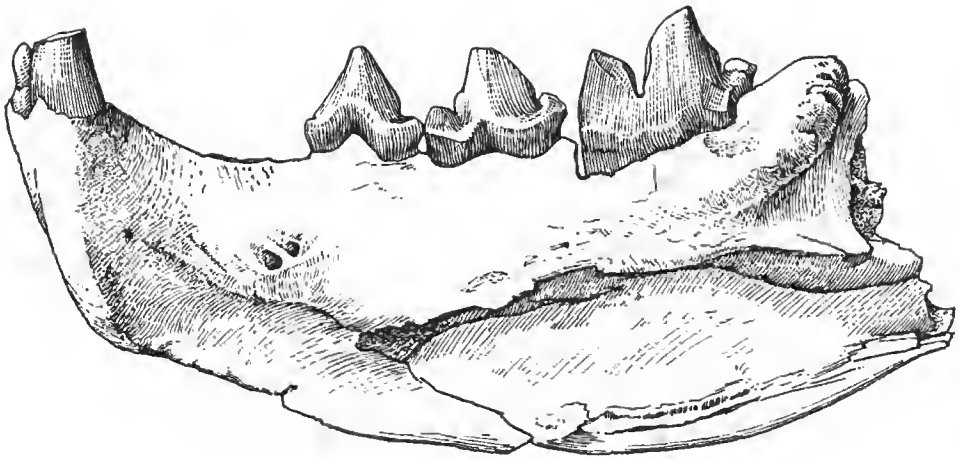


Fig. 3. — *Dinailurictis bonali*. Hémimandibule gauche (Qu 9483) avec I_3-C, P_3-M_1. Face externe. G. N.

des M_1 ci-joint, le rapport longueur/largeur ne différencie guère la plus grande des M_1 de *Nimravus intermedius* de la plus petite des M_1 de *Dinailurictis bonali*, mais la hauteur de la muraille externe permet de bien les séparer.

Affinités : Helbing (1922) a tenté de rapprocher *Dinailurictis* de *Dinictis*. Les dents supérieures décrites par cet auteur sont en effet proches de celles de *Dinictis*. Mais les mandibules, maintenant connues, montrent de profondes différences : la P_3 est de type *Nimravus*, ainsi que la région mentonnière qui ne présente, à la différence de *Dinictis*, aucune tendance à la formation d'une apophyse machairodontiforme. La longueur de la canine supérieure décrite par Helbing ne doit pas faire illusion : les Nimravini ont tous des canines supérieures plus longues que les félins actuels et sont certainement plus proches des Eusmilini que les Felini ne le sont des Machairodontini. Je placerai donc *Dinailurictis* dans les Nimravini.

QUERCYLURUS nov. gen.

Espèce-type (et unique) : *Quercylurus major* nov. sp.

Diagnose : Genre voisin de *Dinailurictis* ; sur P^4, protocône étiré antéro-lingualement, à base plus large (caractère bien visible en vue occlusale) et présentant un deuxième denticule important, du côté du corps de la dent ; crête antérieure du paracône à crénelures irrégulières. M_1 plus épaisse à talonide plus large.

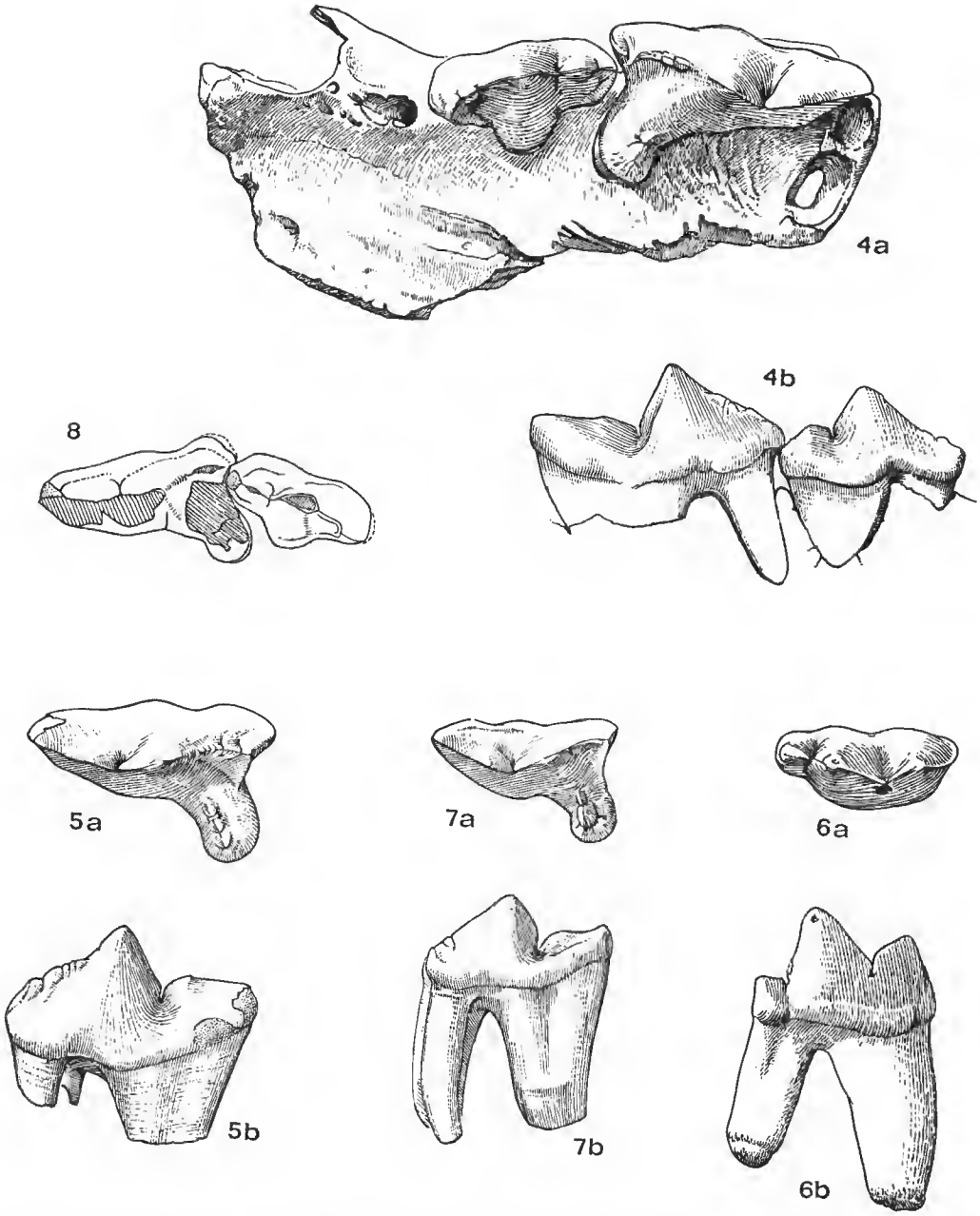


Fig. 4-6. — *Quercylurus major* : 4, maxillaire gauche type (Qu 9477) avec P^3-P^4 ; a, face occlusale ; b, face externe. G. N. 5, P^4 droite (Qu 9479) ; a, face occlusale ; b, face externe. G. N. 6, M_1 droite (ROQ 20) ; a, face occlusale ; b, face externe. G. N.

Fig. 7-8. — *Dinailurictis bonali* : 7, P^4 droite (Qu 9478). a, face occlusale; b, face externe. G. N. 8, pièces P^3-P^4 de La Tuque, face occlusale (d'après Helbing). G. N.

Quercylurus major nov. sp.

pars *Nimravus intermedius* Filhol race *major*. Piveteau, 1931 : pl. IV fig. 1.

Diagnose : Celle du genre.

Type : Maxillaire gauche avec P^3-P^4 des anciennes collections du Muséum de Paris, figuré par Piveteau (1931 : pl. IV fig. 1).

Age : A part les pièces des anciennes collections dont l'âge n'est pas précisé, *Quercylurus major* a été retrouvé récemment dans le Quercy dans le gisement de Roqueprune que de Bonis *et alii* (1973) datent du Stampien moyen.

Matériel et mesures (en millimètres)

Maxillaire gauche type avec P^3-P^4. $P^3 = 25,0 \times 14,6$; $P^4 = 35,4 \times 22,1$; M^1 (alvéole) $= 7,0 \times 21,0$ (Piveteau, 1931 : pl. IV fig. 1). Qu 9477.
P^4 droite, $35,5 \times 23,0$. Qu 9479.
M_1 droite, $27,2 \times 11,9$. Roqueprune. ROQ 20.
? d P_4 gauche, $21,4 \times 9,0$. (Piveteau, 1931, pl. II fig. 9). Qu 9493.

Notre matériel de Nimravini de taille supérieure à *Nimravus intermedius* n'est pas homogène. Pour les carnassières supérieures, les deux plus grandes pièces (Qu 9477 et 9479) montrent une morphologie un peu différente de la troisième (Qu 9478) : le protocône est plus étiré vers l'intérieur, sa base est plus large au contact du corps de la dent, il possède un deuxième denticule important, situé à la base du paracône, tandis que l'arête antéro-externe de ce dernier se hérisse de tubercules indépendants au lieu de former un tranchant unique, comme sur l'exemplaire de petite taille. Pour la carnassière inférieure, les quatre M_1 des anciennes collections sont homogènes par la forme et la largeur : seule la longueur les différencie. Par contre la M_1 récoltée récemment à Roqueprune non seulement est plus longue et plus large, mais son talonide est proportionnellement beaucoup plus large. De plus, les tableaux de mesures donnent des écarts dimensionnels beaucoup plus importants que ceux existant entre mâles et femelles de *Panthera onca milleri* cités par Tooney (1959) et que ceux, donnés par le même auteur et interprétés dans le même sens, constatés chez *Nimravus brachyops*. La taille et la morphologie montrent que le type de *Dinailurictis bonali* de Helbing appartient à la petite forme. Il va sans dire que je considère les trois pièces de La Tuque comme appartenant à la même espèce.

EOFELIS Kretzoi, 1938

= *Nimraviscus* Kretzoi, 1945

Espèce-type (et unique) : *Eofelis edwardsii* (Filhol).

Diagnose : Nimravini de petite taille, à canine supérieure plus fine que chez *Nimravus* et à peine crénelée. P^1 conservée, P^2 rudimentaire, P^3 haute, P^4 à paracône plus couché

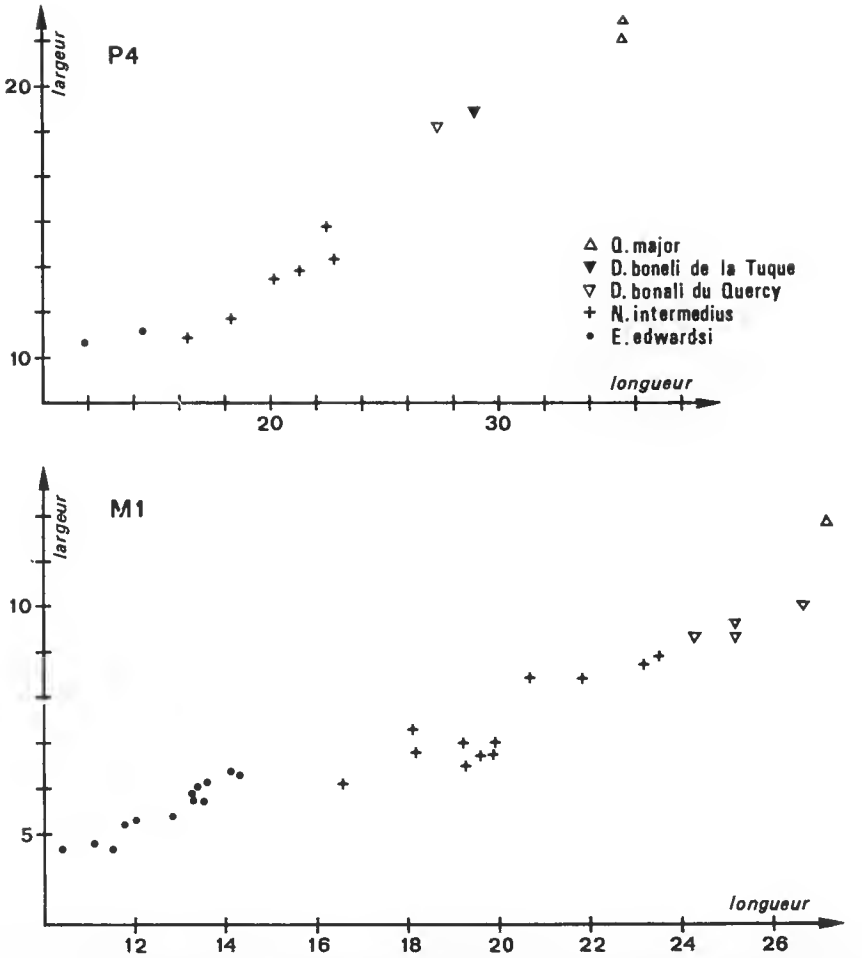


Fig. 9. — Diagrammes longueur-largeur, exprimés en millimètres, des carnassières des Nimravini du Quercy.

vers l'arrière et protocône plus étiré en avant que chez *Nimravus*. M^1 non triangulaire mais très élargie transversalement. Mandibule à région mentonnière plus arrondie que chez *Nimravus*, mais sans fosse d'insertion musculaire sous la symphyse. P_1 absente, P_2 vestigiale, P_3 beaucoup moins haute que chez *Nimravus* et sans tubercule antérieur (parastylide). P_4 à paraconide plus petit que chez *Nimravus*. M_1 plus trapue, moins étirée dans le sens antéro-postérieur et à talonide moins coupant, moins haut et formé d'un petit tranchant (hypoconide ?) que suit un léger bourrelet cingulaire M_2 uniradiculée, réduite, souvent absente.

Eofelis edwardsii (Filhol, 1872)

Pseudaelurus edwardsii nov. sp. Filhol, 1872 : fig. 1 à 10.
Cryptoprocta ? edwardsii Gervais, 1976 : pl. XIII fig. 5-6-7.

Pseudaelurus edwardsii Filhol, 1877 : fig. 125-134.
Aelurogale intermedius var. *minor* Filhol, 1880-1882 : pl. IV fig. 9-10-11.
Aelurogale acutata nov. sp. Filhol, 1880*b* : 346.
Pseudaelurus edwardsii Filhol. Trouessart, 1886 : 92.
Ailurictis intermedia Filhol. Trouessart, 1886 : 92-93 et 1897 : 343.
Ailurogale edwardsi Filhol. Teilhard, 1914 : pl. IX fig. 19.
Ailurogale intermedia Filhol var. *minor* Filhol, Teilhard, 1914 : pl. IX fig. 20.
Ailurictis minor (Filhol). Kretzoi, 1929 : 1294.
Ailurictis edwardsi (Filhol). Kretzoi, 1929 : 1294.
Ailurictis mutata (Filhol). Kretzoi, 1929 : 1294.
Nimravus intermedius Filhol race *minor*. Piveteau, 1931 : pl. II fig. 1.
Nimravus edwardsi (Filhol). Piveteau, 1931 : fig. 4 et pl. II fig. 2-3-4-7.
Eofelis n. g. *edwardsii* (Filhol). Kretzoi, 1938 : 103.
Nimraviscus n. g. *minor* (Filhol), Kretzoi, 1945 : 66.

Diagnose : celle du genre.

Type : Hémimandibule gauche avec C, P_3-M_1, des Phosphorites de la région de Caylux, figurée par Filhol (1872-73 : fig. 1-3 ; 1876-77 : fig. 126-127-128), Piveteau (1931 : pl. II, fig. 3) ; déposée au Muséum de Paris. Qu 9539.

Age : En dehors des anciennes collections du Quercy, *Eofelis edwardsii* a été signalé par M. Brunet (1976) à Villebramar. Comme les trois autres Nimravinés du Quercy, *E. edwardsii* est donc typiquement stampien.

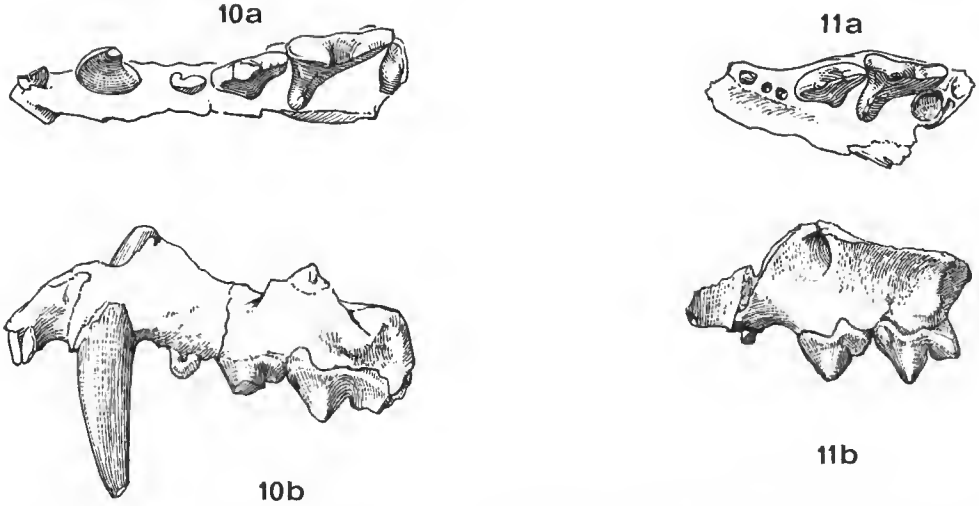


Fig. 10-11. — *Eofelis edwardsii* : 10, maxillaire gauche (Qu 9514) avec I^2-M^1. a, face occlusale ; b, face externe. G. N. 11, Maxillaire gauche (Qu 9420) avec P^3-P^4. a, face occlusale ; b, face externe. G. N.

Matériel et mesures (en millimètres)

Maxillaire gauche avec C, P^2-M^1. (Gervais, 1876 : pl. XIII, fig. 5 ; Piveteau, 1931 : pl. II, fig. 2.) C = 7,5 × 5,0 ; P^2 = 4,0 × 2,2 ; P^3 = 10,0 × 5,0 ; P^4 = (14,4) × 9,1 ; M^1 = 3,0 × (7,1). Qu 9514.

Maxillaire gauche avec P^1, P^3-P^4. $P^1 = 2,0 \times 1,3$; $P^3 = 10,2 \times 4,4$; $P^4 = 11,9 \times 8,6$. Qu 9420.
Maxillaire droit avec P^2-P^3, partie antérieure de P^4. $P^2 = 3,8 \times 2,5$; $P^3 = 12,2 \times 5,4$. Qu 9424.
C supérieure droite. $10,2 \times 6,0$. Qu 9442.
Hémimandibule gauche avec C, P_2-M_1. Type. (Filhol, 1972 : fig. 1 à 3 ; 1876-77, fig. 126 à 128 ; Teilhard, 1914 : pl. IX, fig. 19 ; Piveteau, 1931 : pl. II, fig. 3.) $C = 5,6 \times 4,0$; $P_3 = 6,3 \times 2,9$; $P_4 = 8,4 \times 3,6$; $M_1 = 11,1 \times 4,7$. Qu 9539.
Hémimandibule droite avec P_2-M_2. (Filhol, 1882 : pl. IV, fig. 9-10-11 ; Teilhard, 1914 : pl. IX, fig. 20 ; Piveteau, 1931 : pl. II, fig. 1.) Type d'*Aelurogale minor*. $P_2 = 3,1 \times 2,2$; $P_3 = 7,9 \times 3,7$; $P_4 = 10,4 \times 4,6$; $M_1 = 12,8 \times 5,4$; $M_2 = 2,5 \times 2,2$. Qu 9513.
Hémimandibule gauche avec P_4-M_1. (Filhol, 1872-73 : pl. II, fig. 6-7 ; Piveteau, 1931 : pl. II, fig. 4.) $P_4 = 12,1 \times 5,5$; $M_1 = 14,3 \times 6,3$. Qu 9540.
Hémimandibule droite avec C, P_2-M_1. (Gervais, 1876 : pl. XIII fig. 7.) $C = 5,8 \times 4,6$; $P_2 = 3,2 \times 1,9$; $P_3 = 8,2 \times 3,6$; $P_4 = 10,7 \times 4,6$; $M_1 = 13,4 \times 6,0$. Qu 9510.
Hémimandibule gauche avec C, P_2-M_1. (Gervais, 1876 : pl. XIII, fig. 6.) $C = 5,9 \times 4,4$; $P_2 = 3,4 \times 2,0$; $P_3 = 8,4 \times 3,6$; $P_4 = 10,8 \times 4,6$; $M_1 \times 13,3 \times 5,9$. Qu 9506.
Hémimandibule gauche avec P_3-M_1. $P_3 = 7,8 \times 3,6$; $P_4 = 9,8 \times 4,4$; $M_1 = 12,0 \times 5,3$. Qu 9505.
Hémimandibule droite avec P_3-M_1. $P_3 = 9,1 \times 4,15$; $P_4 = 12,0 \times 5,2$; $M_1 = 14,1 \times 6,35$. Qu 9503.
Hémimandibule gauche avec C, P_4, M_1. $C = 6,0 \times 4,1$; $P_4 = 9,9 \times 4,6$; $M_1 = 11,8 \times 5,2$. Qu 9501.
Hémimandibule droite avec P_4, M_1. $P_4 = 10,3 \times 4,8$; $M_1 = 13,5 \times 5,7$; Qu 9507.
Hémimandibule gauche avec P_3-M_1. $P_3 = 8,5 \times 3,7$; $P_4 = 10,7 \times 5,0$; $M_1 = 13,5 \times 6,1$. Qu 9509.
Hémimandibule gauche avec M_1. $M_1 = 10,4 \times 4,6$. Qu 9502.
Hémimandibule gauche avec M_1. $M_1 = 11,5 \times 4,6$. Qu 9504.
Fragment d'hémimandibule gauche avec M_1. (Piveteau, 1931 : pl. II fig. 7.) Type d'*Aelurogale acutata*. $M_1 = 13,6 \times 5,8$. Qu 9512.
Fragment d'hémimandibule avec C, P_3-P_4. (Filhol, 1872-73 : pl. II, fig. 8 à 10 ; 1876-77 fig. 132 à 134). $C = 6,9 \times 5,2$; $P_3 = 7,9 \times 4,0$; $P_4 = 10,3 \times 5,2$. Qu 9508.

L'espèce *edwardsii* se sépare aisément des *Nimravus* par sa P_3 moins haute que P_4 et sans parastylide, sa M_1 plus large (voir diagramme) et à talonide différencié en un tranchant minuscule et d'un petit cingulum. Les mandibules attribuées tant par Filhol que par Teilhard et Piveteau à *Nimravus* (= *Ailurogale*) *intermedius minor* sont morphologiquement identiques par ces caractères au type d'*E. edwardsii* et ne s'en séparent que par une plus grande taille. Le diagramme établi pour les carnassières inférieures montre : 1) l'homogénéité de ce matériel par rapport à *Nimravus intermedius* (l'épaisseur de M_1 apparaît nettement) ; 2) l'existence possible de deux populations. S'agit-il de deux espèces ou de deux sous-espèces dont la plus grande serait plus récente ? En l'absence de données stratigraphiques, même relatives, sur ces matériaux il est préférable de les rapporter à la même espèce. En tout cas, ce matériel appartient à un même genre, malgré l'opinion de Kretzoi (1945) qui a créé pour l'espèce *minor* de Filhol son genre *Nimravoiscus* (et évidemment sans prendre la peine de donner ses raisons, comme d'habitude).

Conclusions

Répartition des Nimravinés

En Europe, quatre genres de Nimravini sont connus à l'Oligocène : *Nimravus*, *Dinailuriclis*, *Quercylurus* et *Eofelis*, contre deux en Amérique du Nord, *Nimravus* et *Dinaelurus*.

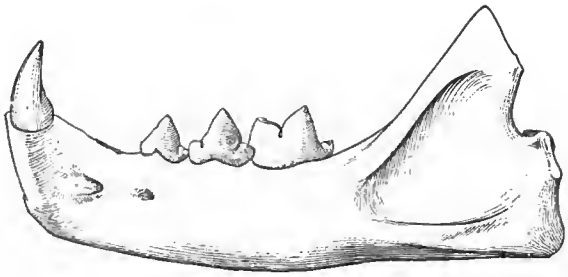


Fig. 12. — *Eofelis edwardsii*. Hémimandibule gauche type (Qu 9539) avec C, P_2-M_1. Face externe. G. N.

Mais, tandis qu'en Europe chaque genre n'est représenté que par une seule espèce, en Amérique du Nord le genre *Nimravus* comprend quatre espèces ou sous-espèces (cf. Tooney, 1959). Donc en première approximation et nonobstant des modalités différentes, les Nimravini ont été plus ou moins également répartis sur les deux continents. Dans les deux cas, on ne leur trouve aucun ancêtre possible dans les formes autochtones. On doit donc les considérer comme des migrants venus, à l'Oligocène, d'Asie.

Ceci établi, les Eusmilini sont représentés dans l'Oligocène d'Europe par le seul genre *Eusmilus* (avec une seule espèce, *E. bidentatus*) et dans l'Oligocène américain par les trois genres : *Dinictis* (avec 6 espèces), *Hoplophoneus* (avec au moins 4 espèces) et *Eusmilus* (avec 1 espèce). Bien qu'ils peuvent se mettre en série évolutive morphologique, on ne les a jamais reliés l'un à l'autre par des liens phylogéniques directs sur les pièces américaines. Les trois genres apparaissent donc en Amérique par migration. On remarquera à l'appui de cette manière de voir, que l'*Eusmilus* (*E. bidentatus*) d'Europe est plus ancien que l'*Eusmilus* (*E. dakotensis*) d'Amérique du Nord. De plus, les Eusmilini ne dépassent pas l'Oligocène en Amérique du Nord alors qu'on connaît des formes migrantes sur le pourtour méditerranéen en plein Miocène, avec *Sansanosmilus* du Burdigalien et Vindobonien d'Europe (cf. de Beaumont, 1965 ; Ginsburg, 1961) et *Syrtosmilus* du Burdigalien de Libye (Ginsburg, 1978). Le centre de dispersion des Eusmilini est donc bien l'Asie, où ils ont vécu au moins jusqu'au Burdigalien.

Répartition des Félinés

La tribu des Proailurini, inconnue en Amérique, est bien représentée dans les Phosphorites du Quercy, avec *Stenoplesictis*, *Palaeoprionodon*, *Haplogale*, *Proailurus* et *Stenogale*. Les deux premiers forment la sous-tribu des Stenoplesictinii qui se trouve à la charnière des Félidés et des Viverridés, famille dans laquelle on les a souvent placés. Par contre, *Haplogale* et *Proailurus* représentent le creuset des Félinés (Ginsburg, 1961). On passe assez facilement de la forme stampienne *Haplogale* (que Teilhard de Chardin et de Beaumont rangent même dans le genre *Proailurus*) à *Proailurus* qui est d'âge stampien-aquitanien, puis à *Miopanthera* (= *Schizailurus*) du Miocène inférieur et moyen, pour atteindre le stade *Felis* au Catalonien. Parallèlement, issu de *Proailurus* ou d'une forme voisine, *Pseudaelurus* s'oriente (Viret, 1951 ; de Beaumont, 1964 ; Crusafont et Aguirre, 1972)

vers des formes de type légèrement machairodontiforme, telles que *Metailurus*, *Therailurus* (? = *Dinofelis*) et *Stenailurus*, qui n'atteignent cependant pas le degré de spécialisation des Machairodontes typiques (Machairodontini).

Revenant à l'Oligocène, il apparaît que les Proailurini, groupe ancestral des Felini, sont bien représentés dans l'Oligocène d'Europe.

Les Félidés dans l'Oligocène d'Asie

Il apparaît donc qu'au Stampien, les Nimravini sont équitablement répartis en Europe et en Amérique du Nord, que les Eusmilini, rares en Europe, sont largement représentés en Amérique du Nord tandis que les Proailurini, inexistants sur ce continent, prolifèrent en Europe. Ainsi, il semble qu'il pourrait y avoir au moins en Asie au début de l'Oligocène deux centres de radiation différents, l'un, situé plus près de l'Amérique du Nord, pour les Eusmilini, et un autre, situé plus à l'Ouest, proche de l'Europe, pour les Proailurini et les Nimravini.

Conclusion taxonomique

Cette brève étude a permis de montrer la diversité des Nimravini des Phosphorites du Quercy. Quatre espèces sont maintenant bien caractérisées et définies :

Nimravus intermedius (Filhol),
Dinailurictis bonali Helbing,
Quercylurus major nov. gen., nov. sp.
Eofelis edwardsii (Filhol).

Trois au moins apparaissent au début du Stampien (niveau de Villebramar) et aucune ne semble dépasser le sommet de cet étage.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Beaumont, G., de, 1961. — Recherches sur *Felis attica* Wagner du Pontien eurasiatique avec quelques observations sur les genres *Pseudaelurus* Gervais et *Proailurus* Filhol. *Nouv. Archs. Mus. hist. nat. Lyon*, **6** : 17-45.

— 1964. — Remarques sur la classification des Felidae. *Eclog. géol. Helv.*, **47** (2) : 837-845.

— 1965. — Une carnassière supérieure machairodonte du Burdigalien de l'Orléanais. *Archs. Sci., Genève*, **18** (1) : 144-146.

Bonis, L., de, J.-Y. Crochet, J.-C. Rage, B. Sigé, J. Sudre et M. Vianney-Liaud, 1973. — Nouvelles faunes de Vertébrés oligocènes des Phosphorites du Quercy. *Bull. Mus. natn. Hist. nat. Paris*, 3e sér., nº 174, Sciences de la Terre 28 : 105-113.

Brunet, M., 1967. — Contribution à la connaissance des genres *Dinictis* et *Hoplophoneus* (Carnivora — Felidae). *Trav. Inst. Géol. Anthrop. préh., Fac. Sc. Poitiers*, **8** : 1-38.

— 1976. — Les grands Mammifères chefs de file de l'immigration oligocène et le problème de la limite Eocène-Oligocène en Europe. Thèse, Poitiers, manuscr. : 1-542.

Crusafont Pairo, M., et E. Aguirre, 1972. — *Stenailurus*, Félidé nouveau du Turolien d'Espagne. *Annls Paléont.*, Paris, **58** (2) : 211-223.

Eaton, G. F., 1922. — John Day Felidae in the Marsh collection. *Am. J. sci.*, 5e sér., **4** (24) : 425-454.

Filhol, H., 1872-73. — Recherches sur les Mammifères fossiles des dépôts de Phosphate de chaux. *Bibltque Éc. ht. Étud., Paris, Sect. Sci. nat.*, **7** (2 bis) : 1-31.

— 1876-77. — Recherches sur les Phosphorites du Quercy. Étude des fossiles qu'on y rencontre et spécialement des Mammifères. Paris, Masson édit., 561 p.

— 1880. — Mémoire relatif à quelques Mammifères fossiles provenant des dépôts de Phosphates du Quercy. *Bull. Soc. Sc. phys. nat. Toulouse*, V : 19-156. Réédité en 1882 sous le titre : Mémoire sur quelques mammifères fossiles des Phosphorites du Quercy. Toulouse, Vialelle et Cie édit., 140 p.

— 1880*b*. — Découverte de Mammifères nouveaux dans les dépôts de phosphate de chaux du Quercy. *C.r. hebd. Séanc. Acad. Sci., Paris*, **91** : 344-346.

Gervais, P., 1876. — Zoologie et Paléontologie générales. Paris, Arthus Bertrand édit.

Ginsburg, L., 1961. — La faune des Carnivores miocènes de Sansan (Gers). *Mém. Mus. natn. Hist. nat., Paris*, sér. C, **9** : 190 p.

— 1978. — *Syrtosmilus syrtensis*, Félidé machairodonte du Burdigalien de Libye. *C. r. somm. Séanc. soc. géol. Fr.*, nº 2 : 73-74.

Helbing, H., 1922. — *Dinailurictis* nov. gen., ein eingenartiger Felidentypus aus den Oligocän. *Eclog. geol. Helv.*, **16** (5), : 568-575.

Kretzoi, M., 1929. — Materialien zur phylogenetischen Klassification der Aeluroïden. Xe Congr. int. Zool., Budapest, 1927, nº 2 : 1293-1355.

— 1938. — Die Raubtiere von Gombaszög nebst einer Übersicht der Gesamtfauna. *Ann. Mus. nat. hungar., Budapest*, **31** : 88-157.

— 1945. — Bemerkungen über das Raubtiersystem. *Ibid.*, **38** (4) : 59-83.

Matthew, W. D., 1910. — The phylogeny of the Felidae. *Bull. Am. Mus. nat. Hist.*, **28** : 289-316.

Piveteau, J., 1931. — Les chats des Phosphorites du Quercy. *Annls Paléont.*, Paris, **20** : 105-163.

Richard, M., 1948. — Contribution à l'étude du Bassin d'Aquitaine. Les gisements de Mammifères tertiaires. *Mém. Soc. géol. Fr.*, (5) **24** : 380 p.

Simpson, G. G., 1941. — The species of *Hoplophoneus*. *Amer. Mus. Novit.*, nº 123 : 1-21.

Teilhard de Chardin, P., 1915. — Les Carnassiers des Phosphorites du Quercy. *Annls Paléont.*, Paris, **9** : 103-190.

Manuscrit déposé le 6 février 1978.

Bull. Mus. natn. Hist. nat., Paris, 4e sér., **1**, 1979,
section C, nº 1 : 51-64.

On a new Snakelike Reptile from the Lower Cenomanian of Ein Jabrud, near Jerusalem

by Georg Haas *

Abstract. — A partial description of *Pachyrhachis problematicus* gen. nov., sp. nov., from the Lower Cenomanian banked limestone of Ein Jabrud, 20 km North of Jerusalem. This marine Reptile has a pachyostotic central part of a snakelike body (conserved length, minus tail = 140 cms), and probably rudiments of a hind limb (femur ?). The vertebrae resemble *Simoliophis*, but the partly preserved skull shows no closer relation to ophidians, rather to platynotan conditions. Therefore, the genus *Simoliophis* should be excluded from the Ophidians.

Résumé. — *Pachyrhachis problematicus* gen. nov., sp. nov., est partiellement décrit ; il provient des calcaires du Cénomanien inférieur de Ein Jabrud, à 20 km au nord de Jérusalem. La partie moyenne du corps serpentiforme de ce reptile marin est pachyostotique ; la partie conservée mesure 140 cm (queue non comprise). Il existe probablement des rudiments de membres postérieurs (fémurs ?). Les vertèbres ressemblent à celles de *Simoliophis*, cependant le crâne partiellement conservé ne montre pas d'affinités étroites avec les serpents mais plutôt un type platynote. Le genre *Simoliophis* doit donc être exclu des serpents.

Introduction

The specimen was found in one of the quarries at Ein Jabrud, 20 km North of Jerusalem (on the El-Bira — Jericho road). These quarries expose a banked limestone of Lower Cretaceous (Early Cenomanian) age. Among the numerous fossils found in this area we mention here only the vertebrates : a very rich fauna of fishes, Elasmobranchs (skates) as well as Actinopterygians, pleurodire turtles (*Podocnemis parva* sp. nov.), varanoid skeletal parts, mostly vertebrae and ribs, and, finally, the specimen which will be described in the following. We got this specimen at the home of a quarry worker in form of three well fitting slabs (see figures 1 and 2), namely the head and neck (nº 1), a great fragment comprising most of the body (nº 2) and fragment 3 containing about 7 vertebrae which fitted the caudal part of a midbody interruption. This interruption, of a rather small extent, but of not great length, formed a loop between the end of fragment 2 (anterior part) and fragment 3. The tail is missing. Fragment 1 comprises the head and the first 21 vertebrae plus ribs ; the cranial part of fragment 2 comprises 35-36 vertebrae and ribs. The posterior part of slab 2, together with the well fitting fragment 3, contains the longest unbroken series of 42 vertebrae and the attached ribs. It is difficult to say how many vertebrae were

* *Department of Zoology, The Hebrew University of Jerusalem, et Institut de Paléontologie, Muséum national d'Histoire naturelle, 8, rue de Buffon, Paris.*

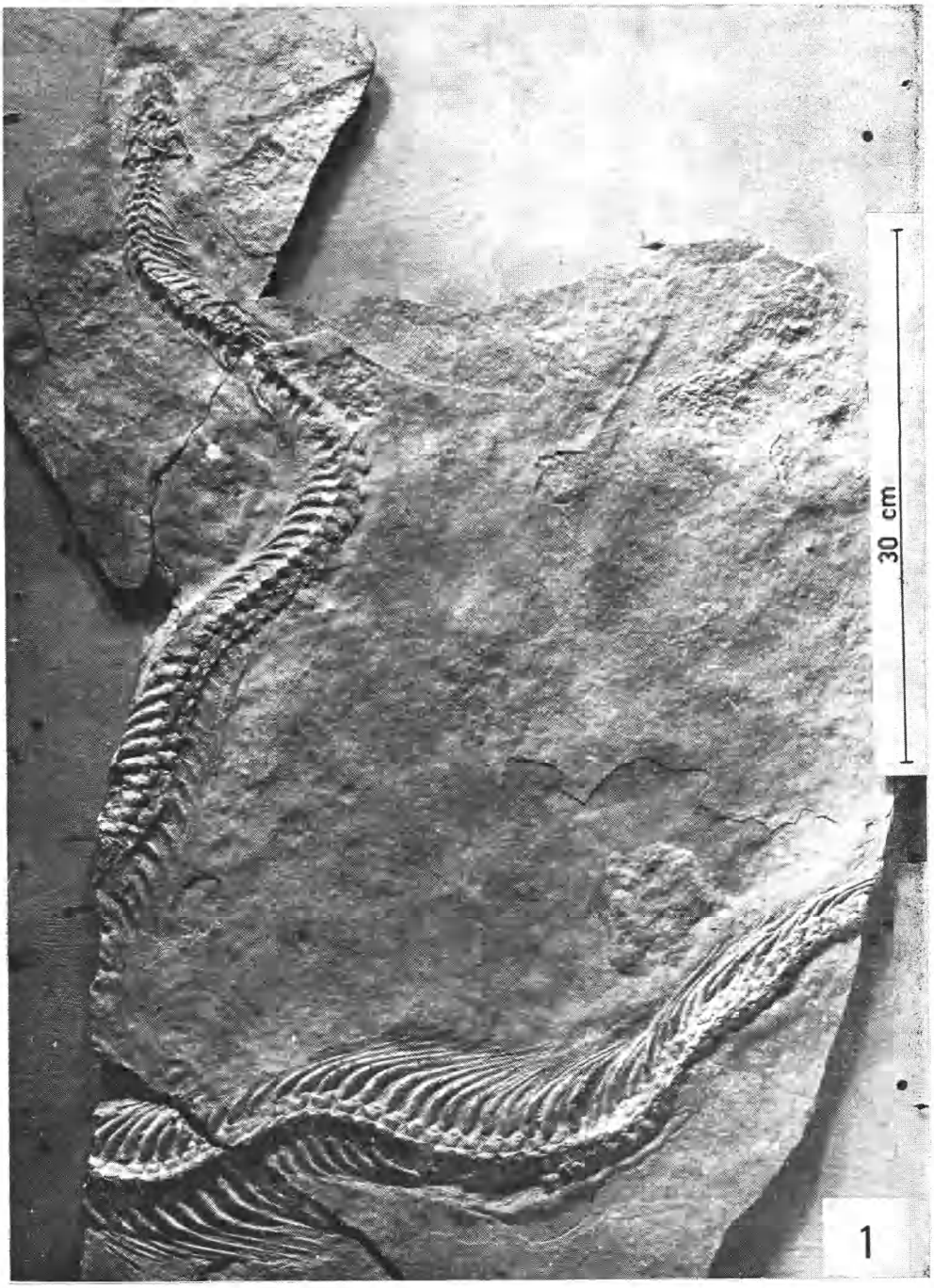
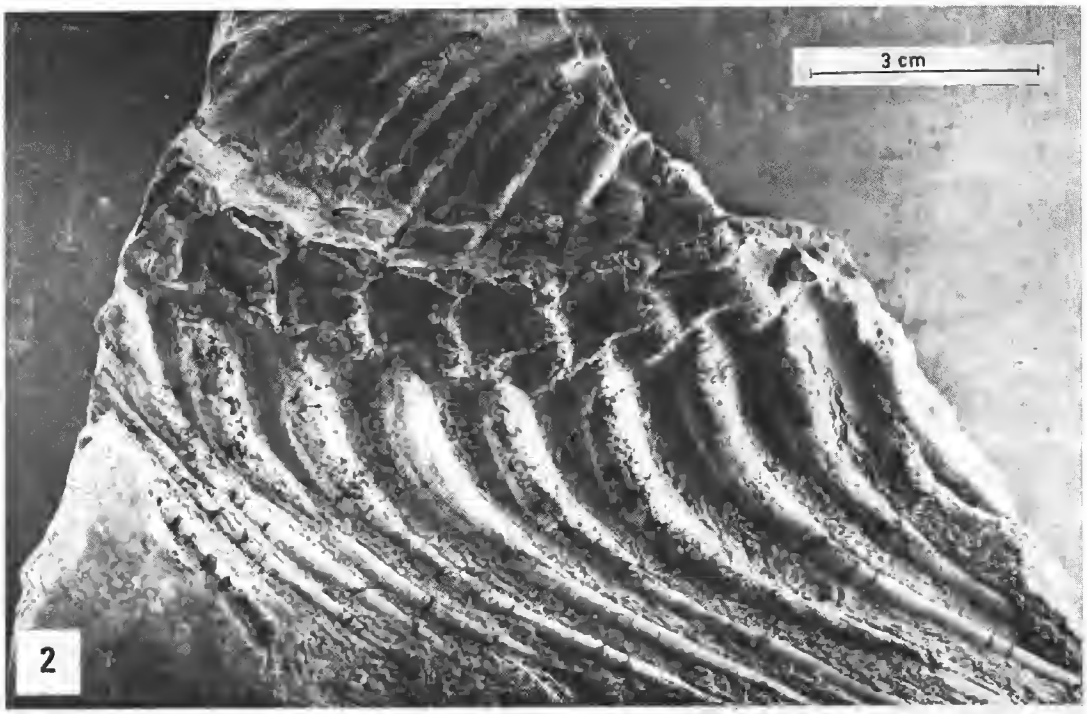


Fig. 1. — *Pachyrhachis problematicus* nov. gen., nov. spec. Lower Cenomanian of Ein Jabrud, near Ramallah. Total view : slabs 1-3.



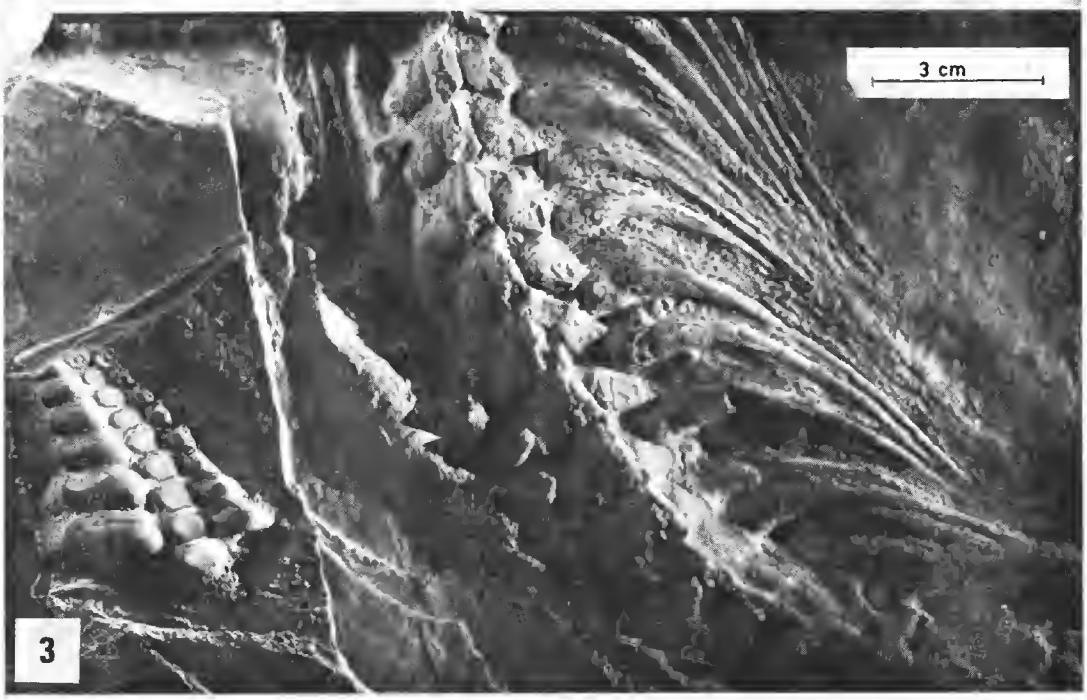


Fig. 2. — Slab 3, showing pachyostotic part of midbody.
Fig. 3. — Part of body (posterior part of slab 2) showing swallowed set of 5 pycnodont teeth (like specimen shown at insert) followed by 1 similar tooth in next rib interval.

contained in the missing part, but their number would not be higher than, maximal guess, 20 to 25. The length of the missing tail piece was probably slightly greater than the length of the missing loop. The preserved body measured approximately 140 cms (including the estimated length of the missing section). It may be guessed that the missing tail had a length of about 30 cms.

The delicate skull contrasts very much from the stout and broad central part of the body which shows, as in *Pachyophis* (Lower and Upper cretaceous) and the partly contemporary or somewhat younger *Simoliophis*, a clear pachyostotic condition of the midbody vertebrae and the ribs. The bases of the neural spines look like truncated at an identical level close to the top of the arches, whereas long and slender neural spines are seen in the nuchal region : in this part only, these elongate spines are seen in profile, being exposed at their left side. Here traces of hypapophyses are visible. All the other vertebrae are seen from above, showing (fig. 2) triangular " scars " instead of neural spines, which were probably separately ossified and therefore lost. Such a condition has been described in *Simoliophis* sp. by Nopcsa (1924) (see also *in* Piveteau, V : Squamates, par R. Hoffstetter, fig. 22 B). Pachyostosis is seen in the central part of the body, missing in the nuchal area of about 20 vertebrae (fig. 5) and at the terminal region of about 20 preserved vertebrae. There is gradual transition from the not pachyostotic regions towards the pachyostotic central part of the body. Between two right succeeding ribs towards the terminal part of this pachyostotic region, we found a dental plate composed of five rounded and flattened teeth and one more, similar tooth, in the following rib interval (fig. 3) : these teeth belong probably to a small pycnodontiform fish (frequently found in this rock formation).

In the terminal part of the fossil, not only the vertebrae, but also the attached ribs are loosing the pachyostotic character, as in the " normal " part of the anterior section, where the ribs are straight rods and not curved around the body. At the terminal, oblique fracture plane (at right) outside but close to the rib basket, a short, horizontal rodlike bone could be a part of a rudimentary hind limb (? a femur). Unfortunately, this important fact has to remain dubious. This would be in contrast to the condition of *Simoliophis* and Nopcsa's doubtful " snake " *Pachyophis* which are described as completely limbless.

All types of ribs seem to be single headed. Further preparation will give a clear answer to this important point.

The skull, 55 mms in length, is surprisingly small compared with the 140 cms of preserved total body length. If we assume a total length of 170 cms (including the missing tail) the ratio body/head will be 1/31, but this relation does not say too much, because it is utterly variable, e.g. among recent snakes.

The skull is strongly compressed dorso-ventrally and the dorsal face only could be prepared. Only a part of the sutures could be made out clearly. Certain regions of the snout and the occiput were rather badly preserved, and due to the vertical compression almost nothing could be said about structures of the cranial side-wall (figs 4 and 5, the first slightly retouched). The mandibles are spread out laterally together with the left quadrates into a lateral position. This fact proves that there was a loose symphysis of the jaws like in most recent snakes, and a rather high mobility of the quadrate. The flattening of the skull produced some asymmetries and, therefore, some differences were found in comparing details of both sides. Unfortunately, this skull does not reveal so much

as the specimen of *Dinilysia* which is preserved tri-dimensionally and was so masterly redescribed and analyzed by Estes, Frazetta and Williams (1970).

It is planed to embed the dorsal surface and to prepare the ventral face too, in order to get a fuller information about the cranial base.

Before delving into details of particular bones, we want to stress that both mandibles (the left one completely visible, the right partly covered anteriorly by parts of the skull) are seen from the external surface, and both coronoid summits facing each other, are the most striking features of the skull. This very prominent process is much bigger and steeper than in recent snakes (with the peculiar and strange exception of Typhlopid snakes). The peak of the coronoid rises approximately between the second and last third of the mandible and will serve as a point of reference for the further analysis of the other skull elements. Both mandibles converge towards a rather loose symphysis. The summit of the coronoid processes approaches the upper end of the quadrate at left, almost touching this bone; at right the coronoid overlaps the squamosal.

The vertical pressure on the skull produced asymmetries in the arrangement of several cranial elements, causing dislocations towards the left-hand side. This is clearly seen in the sagittal crest of the parietal, whose beginnings (rostrally) are *in situ*, but which is bent to the left and reflected more caudally. The right end of the skull has a much more transverse position than the left quadrate, causing a more rostral position of the right mandibular joint; similarly, the right maxilla shifted more craniad than its partner, and several bones were sharply dislodged towards the left hand side (e.g. both frontals). In general, the left side was somewhat better preserved than the other and its bones were less disturbed in position.

In the following description of the skull elements, precedence will be given to those whose homology is quite clear, like the premaxilla, the maxilla, frontal, parietal. Other elements of more doubtful homologies will be discussed.

Description of the skull

The **premaxilla** consists of an anterior transversely disposed alveolar bridge and a mediodorsal pointed triangular elongated process (not quite clear in our photos). The alveolar part lies somewhat backwards of the anterior tips of the maxillaries, and shows (probably due to some abrasion) a transverse series of typically snakelike slender reflected teeth. They are few in number: 2 clearly visible right of the elongated dorsomedian process, and 1 at left (the probable partner of larger size is hidden under the anterior tip of the left maxilla. These teeth are seen from their rather flattened caudal face, reflected backwards from an originally steeper position.

The **maxilla** is better exposed at left, the alveolar border points laterally. The bone, rounded anteriorly, has at the posterior end a hollow socket for the prefrontal and exhibits parallel ventral (external) and dorsal contours, showing 5 trigeminal exits on the surface. The posterior end is pointed and tapering postero-ventrally. The number of maxillary alveoles could not be made out exactly but seems to be smaller than ten. At the elongated alveolar margin, only one maxillary tooth is preserved *in situ* at the left side (exposed by

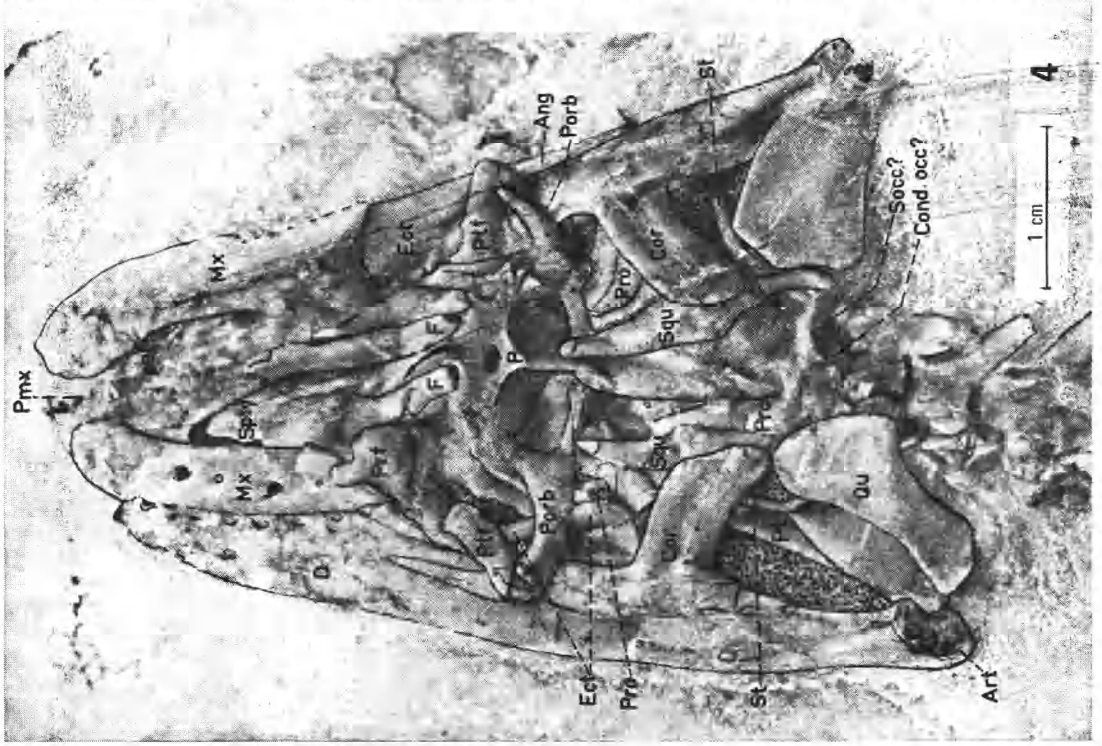


Fig. 4. — Skull and part of neck : partly retouched.
Fig. 5. — Same, unretouched.

a local break of the dentary, which, most probably, hides more maxillary teeth) facing at the level between penultimate and ultimate trigeminal foramen. The slender tooth exhibits a slightly expanded base, but no furrow, and has a snakelike shape.

The **parietal** is well preserved in the rostral part of the skull roof and following areas, but, owing to the vertical pressure, nothing clear can be said about the depth of the descensus which most probably was considerable. Only the cranial-most fraction participates in forming the roof proper ; this transverse platform shows at its centre a slight roundish depression (or even perforation ?) for the pineal eye ; the anterior margin protrudes in front of it, showing a narrow sagittal incisure, into which fits a ridge of a narrow shiny bone, strongly deflected to the left side (the nasal). Laterally of this double pronged prominence, two deep sockets are the base of a pair of bones which are — most probably — frontals ; this paired joint is very clear (fig. 4). A double arch forms the posterior limit of the skull roof platform. Both arches join medially and form an extensive parietal crest. This is rostrally *in situ*, but the deepening crest is sharply bent to the left more caudally, reaching the level of the upper end of the left quadrate. The extensive rest of the parietal lies deeper and is covered by several ossifications. The exact extent and posterior or ventral borders of the parietal cannot be defined. The similarity with the elongated parietal of a *Python* (e.g.) is striking, but the pair of hollow sockets for the articulation of a pair of anterior bones (frontals) is not snake-like at all, neither the presence of a pineal foramen (or even depression). Unfortunately, only the anterior margin could be clearly defined. The long parietal crest indicates the great length of this bone, whose posterior transverse suture could not be seen completely. At any rate, the estimated minimal length falls only a little short of the length of the snout (up to the posterior margin of the premaxilla).

The part of the skull medially of the maxillae and posteriorly closed by the more or less transverse anterior platform of the parietal shows only partly clear sutures and limits of the bones usually situated in this region : nasals, frontals, septomaxillaries.

The **frontals**, fit into a pair of hollow sockets at the anterior border of the parietal ; separated by a short double-pronged medial process (see above). Clearly defined posteriorly, the borders of the anterior parts of the asymmetrically dislodged frontals are blurred. Laterally (see the less dislocated left bone) in long contact with the maxilla, and cando-laterally with the prefrontal, the frontal tapers caudally into a rather slender stalk, terminated as a roundish posterior apophysis fitting into the socket of the parietal. A wedge-shaped lateral enlargement penetrates between the caudally sloping margin of the maxillary and the antero-median part of the prefrontal. The antero-median border of the frontal is not determinable, on both sides it encloses a shiny bony spur, deflected to the left. It is quite obscure what this azygous narrow bone could be. Comparing our specimen with figures of Aigialosaurids (McDowell & Bogert, 1954, fig. 9) two possibilities can be envisaged : the element could be a caudal part of an enormously elongated premaxillar dorsal process, or a. more probably, fused pair of very slender nasals. The first alternative seems utterly faint and unrealistic in view of the short dorso-median process of the premaxilla. The second alternative seems rather more acceptable. Both interpretations would widely remove our specimen from any relationship with snakes, where the nasals never or rarely fuse and always retain a considerable size, medially of the nares. The central snout area is too distorted to give

a clear location of the nares. They probably were long slitlike openings between the maxillae and the dorsal process of the premaxilla and were, perhaps, remote from the azygous nasal. A triangular bone, in front of the frontal (at left clearly visible) is probably a part of the septomaxilla (medially of the anterior third of the maxillary and clearly at a deeper level).

The **prefrontal** : Only the medial and lateral borders of this bone show clear contours, whereas the posterior limits are too blurred for an exact statement. We mentioned earlier the anterior peglike process fitting or covering externally the sloping caudal end of the maxillary ; also the bay giving entrance to a lateral process of the prefrontal and separating it in this way from the maxillary for a short distance.

The general flattening does certainly not show the natural curvatures of the bone and gives no idea of the details and position of the orbital cavity, which was sheltered by it, at least anteriorly. Originally, this orbit was probably not deep and the eye had probably a rather dorsal position fitting for an animal living in the upper strata of the sea.

The **postfrontal** and **postorbital** : a triangular postorbital process is composed by these two bones : rostrally a flat and elongated prefrontal, which is followed distally by a much more extensive, medially bifid, postorbital. Both bones enclose a triangular window clearly seen at left. The inner two branches of the postorbital clearly abut against the parietal behind of its transverse platform. This postorbital process is probably strongly dislocated by vertical pressure and it may be assumed that the anterior prefrontal and the distal end of the postorbital were originally somewhat deflected ventrally, forming the posterior frame of a shallow orbit like in other saurians and snakes (e.g. in *Python* or in *Dinilysia*). The pointed distal end precluded, however, a deep ventral flexion (downwards to maxillary).

There is some doubt (caused by secondary fractures) concerning details of overlapping or succession at the external lateral end of the postfrontal. At the right side, the postorbital seems, to overlap the distal end of the postfrontal. On the other hand at left, the rostral element seems to meet end-to-end the postorbital. The asymmetry in this region, due to pressure, points to a major dislocation at right. An end-to-end contact, as at left, seems to represent better the natural condition.

The **squamosal** starts immediately behind the root of the transverse medial branch of the postorbital and has a sagittal elongated body which ends at the upper (medial) end of the quadrate ; the right one is shifted into a more caudal position, terminally slightly bent and ends, somewhat upturned, with a thickening — in contrast to the pointed anterior end. Halfways widest, the sagittal anterior half deviates slightly laterally. In this way a blunt angle is formed opposite the summit of the dorsal coronoid process (better seen at right). In this area the broad central part is partly hidden under the coronoid. The close neighbourhood of this bone to the postorbital at one end and the upper end of the quadrate at the other shows that it certainly is an elongated squamosal : closely affixed to the parietal or forming a narrow temporal arch.

The **ectopterygoid** and part of **prootic** : Posteriorly of the postorbital, and in front of the ascending coronoid prominence, three bones are visible. The most lateral of them,

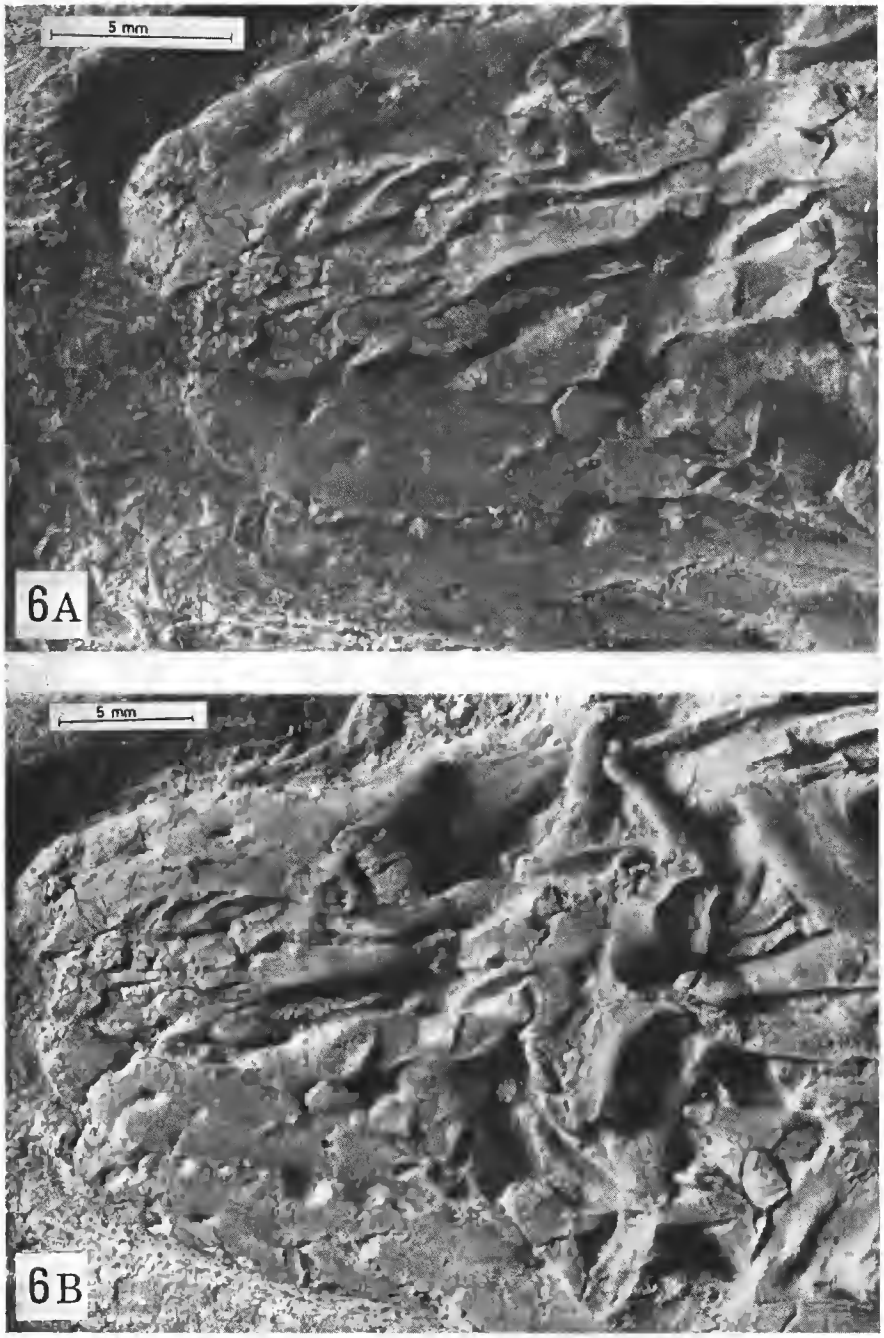


Fig. 6. — Strongly enlarged anterior part (A & B) of skull, showing dorsomedial process of premaxilla, and teeth unit. At left, some teeth on dentary.

and the biggest, is considered as the ectopterygoid, which is discernable again through the window of the postorbital lateral process, composed of the postfrontal and postorbital discussed above : at the right side it parallels and continues without interruption rostrally towards the end of the maxillary covering anterior parts of the lower jaw. At left, the ectopterygoid is not only visible caudally of the postorbital complex, and inside the dorsal window between the postfrontal and postorbital, but also as an extensive bone along the prefrontal (?) and the postfrontal, in front of its anterior contour. This part of the ectopterygoid is also in ample transverse contact with the posterior end of the maxillary, as seen at right.

The ectopterygoid (left) is medially giving room to a small fraction of the partly hidden prootic. A slight break discloses parts of one of the semicircular canals (the lateral, most probably) just behind the caudal contour of the postorbital. The right side shows more of the same bone (?) which is more flattened by pressure. At left, the third of the three bones is considered as a part of the descensus parietalis ; medially of it, the anterior part of the squamosal is seen at both sides.

The **supratemporal** is clearly seen at the right side as a slender arched bone squeezed in between the caudal end of the squamosal and the anterior margin of the upper (medial in specimen) medial end of the caudo-lateral dilatation of the braincase. At the left side the same bone is squeezed into a more sagittal position and is broken at its distal third, anteriorly hidden by the ascending coronoid process.

We may discuss now the question if there did exist an upper temporal arch or if, like in Ophidians, the topographically corresponding bone (squamosal, tabular, supratemporal), was medially closely applied onto the braincase. In a specimen so much flattened, a clear answer is impossible ; it is, however, more probable that at least in the posterior half, a closer contact did exist ; at the right hand squamosal, however, the overlap across the transverse branch of the postorbital — in contrast with the opposite partner — seems to speak rather in favour of a limited mobility.

Of the **prootic**, not only a little fraction of the anterior margin but the full length of its dorsal elongated border is seen, and was clearly in close contact with caudal parts of the descensus parietalis. All this is hidden at the right side but clearly visible at left.

The **occipital** area is rather badly preserved. A transverse edge, better seen at right, shows the terminal suture of the parietals with the elements of the occipital ring, which certainly was shortened and more or less vertically disposed.

The **quadrate** is preserved at the left side only. The bone shows a substantial, showel-shaped enlargement medially, a contracted central portion and, towards the articulation with the lower jaw, an oblique ventro-distal enlargement. The whole bone is flattened into the general plane of compression, but shows faint traces of a ridge starting at the posterior corner of the (originally) dorsal head, indicating an originally strongly angulated shaft. The upper articulation which was elongated more or less sagitally contrasts the mandibular joint disposed in a transverse direction.

The right quadrate is missing. The anterior contour of this area conforms exactly with a bone underlying the (doubtless) left quadrate : we consider the bone at right as the

flaring out postero-lateral part of the braincase proper which approaches the jaw articulation. Such a view certainly avoids our previous assumption considering both more or less equally diverging elements as quadrata and explains sufficiently the striking difference of their contour, and (at right) the proximal, bluntly angulated end ! The interpretation of the " right quadrate " as a broken off caudo-lateral corner of the skull seems preferable, because the anterior edge of this element shows an identical curve as in its left partner. The shape of the proximal end, exhibiting a sharply broken course instead of the curved contour of the upper joint of the left quadrate also precludes the view that we have to deal with a quadrate at all.

Inside the postero-lateral " wing " of the skull proper, no sutures are discernible. It could be that the exposed dorsal face of this wing is a part of the parietal or a flaring out exoccipital (?) as in a varanid skull : in this case, the posteranial shape could be quite different from conditions seen in Ophidians and similar to Varanids.

The **pterygoid** : Laterally of this postero-lateral cranial extension (left) a sliver of flattened bone is clearly visible ; its deep position discloses it as a caudal part of the pterygoid. The asymmetric vertical pressure resulted in hiding this element completely at right.

There is no indication of an epipterygoid and a free lacrymal. Concerning the elongated squamosal, a clear statement about its original position is not possible : perhaps a narrow upper temporal gap did remain along its medial anterior half, but a complete attachment to the parietal is also thinkable — or a rather " floating " anterior end, embedded in adductor muscles.

The **mandible** : The left ramus is completely visible from the external face, and about 40 % of the right (the caudal part only). The coronoid process of the coronoid bone is spectacular in shape and relative depth : its central part lies more or less at a point after the second anterior third of the total mandibular length. Remarkable is the almost terminal position of the deeply concave saddle-shaped articular surface which points caudad ; practically no retroarticular process can be seen, just a rather narrow postarticular wall. The articular is laterally, medially and anteriorly surrounded by a rather extensive surangular (its dorsal gutter is better visible at right), surmounted anteriorly by the coronoid provided with its prominent caudally reflected dorsal process which points mesially due to vertical compression, and not dorsad (in the natural position). Such a strongly developed dorsal process is rather unique among Varanoids, and is known among Ophidians, only in Typhlopid snakes, where, however, the precoronoid part of the mandible (dentary and splenial) is drastically shortened. The base of the coronoid has only a shallow share at the lateral face of the ramus (left side). At right, ventrally (laterally in specimen) under the base of the coronoid, an elongated and narrow angular is seen and disappears under the postorbital prominence. At left, again, a long independent ossification borders at the ventral contour of the coronuid and bulges for a considerable stretch as a narrow pointed sliver at and into the lateral face of the dentary : this is a cranial tongue of the surangular (like in a pythonid snake). The tip of the dentary recedes against the rostral end of the maxilla (left side) ; this could be due to the strongly retracted ventral end of the left quadrate, which had originally a steeper position than in our compressed specimen.

Nothing certain can be said about the presence of a splenial. As a medial bone, it

cannot be traced because of the lateral exposure of both mandibles. The dentary (posterior margin not definable) has a remarkable massivity, in length and depth. There are shallow alveolar depressions for about 10 teeth, caudally growing deeper in succession, and about 6 trigeminal foramina.

5-6 anterior teeth are exposed at the upper (medial) contour of the right maxillary in a more or less longitudinal row. They belong to the anterior tip of the partially hidden right dentary and are seen from their curved anterior face, pointing caudad. Some of these teeth possess a longitudinal furrow at their base ; but, anyway, this criterium might be of minor importance (compare the case of *Heloderma*).

Name — Discussion of Relationship

We propose the name of *Pachyrhachis problematicus* for the specimen described above ; it is kept in the paleontological collection of the Department of Zoology of the Hebrew University of Jerusalem, inventory number : HUJ-PAL 3659. The systematic position of this specimen poses many questions, because the ribs and vertebral column are ophidian in character, the skull, however, shows a strange mixture of criteria.

Our specimen cannot belong to the Aigialosauridae nor the Dolichosauridae (ex. A. H. Mueller, 1966). We quote :

" Aigialosauridae Gorjanovic-Kramberger, 1892 : neck not elongated (7 vertebrae) ; head big ; frontals fused ; foramen parietale present ; quadrate massive ; temporal arch present ; subtheecodont teeth ; strong teeth on pterygoid. Lower Cretaceous, Dalmatia, Istria (now in Yugoslavia). "

" Dolichosauridae Gervais, 1859. Rostral region of skull abbreviated ; frontals not fused ; with foramen parietale ; quadrate not massive ; palatine toothless ; number of cervicals increased (11-14) ; pelvis and interclavicle reduced, no hyperphalangy. Upper Cretaceous (Cenoman-Turon, Yugoslavia). "

First of all : both groups possessed limbs and show only a moderate augmentation of cervical vertebrae and many cranial characters do not conform with our specimen which has, in vertebral characters, more in common with the contemporary ophidian group of Simoliophidae Nopcsa, 1924. This group is based exclusively on costal and vertebral characters ; these correspond well with our specimen. Therefore, we can give here the first report on skull features of a member of the family of Simoliophidae. It is important to know, if this skull does have ophidian characters or not. With other words : does this group belong to the snakes or not ?

The assessment is not easy in view of the vertical compression of the skull. Clearly, this species was adapted to an aestuarine or marine flat-water biotope and was ichthyophagous. The specimen shows also clearly that it had a highly kinetic skull with a distensible mandibular symphysead area like a modern snake. This free mandibular motility is clearly attested by the position of the mandibles and the preserved left quadrate. This bone could be swung anteriorly as well as sideways, as seen in the fossil. Furthermore, there was a highly flexible area between the posterior ends of the frontals and two anterior sockets at the rostral border of the azygous parietal. The first 2 criteria remind snake

characters but there is no similarity with *Dinilysia* or Anilidae. Other characters are certainly strange for a primitive Ophidian as the peculiar massivity of the lower jaw provided with a big coronoid topped by a prominent dorsal extension. The only faint similarity with this bone is seen in Typhlopids among the scolecophidia. Snake-like again are the probably partly displaced slender and, partially at least, anteriorly furrowed teeth in the area of the dentaries — visible in the dorsal aspect of the specimen (at right). Certainly not ophidian are the widely separated frontals, and the minute and fused (posteriorly badly dislocated) nasals. The existence of a bending plane in the mandible between the dentary and the posterior elements seems possible and would join the species to the platynotan group. In the light of these controversial facts we may doubt if the simoliophids really belong to the groups considered as " snakes ". In a certain way such an outcome had to be expected, because the comparative anatomical investigations rather exclude the possibility of an aquatic ancestry of the snakes — a theory favoured by F. Nopcsa. Overwhelming facts point rather to a fossorial origin of this group, especially the state of the eye compared with other reptile groups, especially the Squamates (Walls, 1942). In addition, most of the primitive snake groups alive tend to be fossorial, and *Dinilysia* at least seems not to contradict this opinion.

We repeat : decidedly not ophidian are the following characters : the probably fused small nasals, the widely separated frontals with their posterior articulation, the very prominent coronoid elevation and the possibly slitlike nares along the fused nasals (if this is correct) and the at least thin window-like area opposite the pineal eye at the anterior roof of the fused parietals.

Ophidian are the following characters : the teeth, by their shape, attachment and longitudinal furrow along the anterior curvature ; the indications of a highly developed kinetic state of the skull, the absence of a mandibular symphysis, the loose and free upper attachment of the quadrate. Several details of the roof of the parietal at its rostral end (fig. 4) are decidedly ophidian. We cannot guess, however, the full extent, especially the depth of the descensus of the parietals ; we cannot say if and in what degree they did bend downwards towards the elements at the base of the skull. The strong parietal crest rather speaks in favour of an extensive descensus in the posterior cranial area. Even less can be said about the presence of any descensus frontales, which, when present, were probably reduced to a narrow posterior part of these bones. The elongated squamosals, provided that our interpretation is correct, are very interesting and could be typical for a snake ancestor or a form close to snake ancestry, in connex with the old discussion about the nature of the suspensorial element of the ophidian quadrate, which has been considered as a squamosal, a supratemporal or a tabular by different authors.

This element was in this fossil most probably flatly affixed to an extensive extension of the parietal (" descensus "). In this respect we see again a similarity with typical snakes. We cannot prove the status of a possibly reduced upper temporal arch in *Dinilysia* as here, an elongated prootic has a position similar to our squamosal, which is, *fide* Estes, Frazetta and Williams, absent in *Dinilysia*. The postero-laterally bulging of the cranial area also remind somewhat conditions in Anilids or *Dinilysia*. No trace of the position of the trigeminal ganglion could be seen at the antero-ventral margin of the bone in question, (in shape of an indentation or deeper bay). Therefore we have to drop the idea of a closer correspondence with *Dinilysia*. We tentatively assume that a more latero-

ventral, cavernous bone could be a modest anterior part of a partly hidden prootic seen again (left) along the squamosal and parietal ; we do not want to mention here a lot of still dubious items, as the questionable presence of a lacrymal or a jugal and the obscure details of the snout area between both maxillaries and the incomplete occipital area. We hope that further preparation will at least elucidate some of the indicated gaps in our knowledge of this peculiar fossil. We suggest to remove the Simoliophids, in view of so many decidedly non ophidian characters, from the snakes proper and consider them as snake-like " Varanids ".

Acknowledgements

The painstaking and difficult preparatory work has been perfectly done by Mrs Mary Rosenthal. The photographs were done by Mr Abi Neev, both at the Department of Zoology. This research was sponsored by the Israel Commission for Basic Research of the Israel Academy of Sciences and Humanities.

LITERATURE

Estes, R., T. H. Frazetta, and E. E. Williams, 1970. — Studies on the fossil snake *Dinilysia patagonica* Woodward. Part I : Cranial Morphology. *Bull. Mus. comp. zool., Harv.*, **140** (2) : 25-74.

Ginsburg, L., 1970. — Les reptiles fossiles. *In* : Grassé, Traité de Zoologie, T. XIV, fasc. 3.

Haas, G., 1978. — A Cretaceous Pleurodire Turtle from the surroundings of Jerusalem. *Israel J. Zool.*, **27** : 20-33.

Hoffstetter, R., 1955. — Squamates de type moderne. *In* : Piveteau, Traité de Paléontologie, Vol. V.

Mueller, A. H., 1966. — Lehrbuch der Paläozoologie, Bd. III, Vertebraten.

Nopcsa, F., 1923. — *Eidolosaurus* und *Pachyophis*, zwei neue Neocom Reptilien. *Paläontolog.*, **65** (4) : 97-154.

— 1924. — Die Simoliophis Reste. *Abh. bayer Akad. Wiss.*, **30** (4) : 1-27.

Manuscrit déposé le 25 juillet 1978.

Bull. Mus. natn. Hist. nat., Paris, 4e sér., 1, 1979,
section C, 65-75, nº 1 :

Découverte de Rongeurs « africains » dans le Pliocène d'Afghanistan (bassin de Sarobi) Implications paléobiogéographiques et stratigraphiques

par Sevket Sen, Michel Brunet et Émile Heintz *

Résumé. — La découverte d'un premier site à micromammifères (*Mimomys, Arvicanthis Pelomys, Sorex*) dans le bassin de Sarobi (Hadji Rona, Sarobi, Afghanistan) conduit à dater, pour la première fois, les formations marneuses et marno-calcaires de la rive gauche de la Kabul du Pliocène et plus précisément du Ruscinien supérieur. Deux nouvelles espèces, les plus primitives actuellement connues, *Arvicanthis magnus* n. sp. et *Pelomys orientalis* n. sp. prouvent l'existence du groupe *Arvicanthis-Pelomys* en dehors de l'aire de répartition essentiellement « africaine » admise jusque-là pour ce groupe ; leur présence confirme l'existence d'échanges fauniques entre l'Afrique et l'Asie et pose le problème du centre de dispersion et du sens de la migration pour ces deux genres. Cette datation repose sur *Mimomys* cf. *gracilis*, plus évolué que *M. gracilis* du Ruscinien moyen de Çalta, Turquie.

Abstract. — The discovery of a first site with micromammals (*Mimomys, Arvicanthis, Pelomys, Sorex*) in the Sarobi basin (Hadji Rona, Sarobi, Afghanistan) enables for the first time to assign a Pliocene age (more precisely : upper Ruscinian) to the sedimentary deposits of the left bank of the Kabul. Two new species, the most primitive yet known, *Arvicanthis magnus* n. sp. and *Pelomys orientalis* n. sp. bring evidence of the presence of the *Arvicanthis-Pelomys* group outside its usually admitted « african » area, thus confirming the occurrence of faunistic exchanges between Africa and Asia and raising the problem of the center of dispersion and the direction of the migrations for both genera.

Le bassin de Sarobi est situé à une soixantaine de kilomètres à l'est de Kabul, environ à mi-chemin entre la capitale afghane et la ville de Jalalabad. Traversé par la rivière Kabul il est constitué côté rive droite par des sédiments molassiques, essentiellement sablo-gréseux, dont les beaux affleurements jalonnent la piste du Lataband, tandis que sur la rive gauche dominent des faciès marneux et marno-calcaires et des conditions d'affleurements particulièrement mauvaises en raison de la présence constante de nombreux dépôts de pente.

Du bassin de Sarobi n'étaient connus, jusqu'à ce jour, que quelques restes osseux fossiles, dont une mandibule de Bovidé attribuable à un Reduncinè (É. Heintz *et al.*, 1978), mis au jour côté rive droite en direction du Lataband.

Une série de prélèvements effectués au cours des prospections menées en 1977-1978,

* S. Sen et É. Heintz : *LA 12 du CNRS, Institut de Paléontologie, Muséum national d'Histoire naturelle 8 rue Buffon, 75005 Paris.*
M. Brunet : *Laboratoire de Paléontologie des Vertébrés, Faculté des Sciences, 86022 Poitiers.*
Mission permanente du CNRS à Kabul.

côté rive gauche, vient de conduire à la découverte d'un niveau à Vertébrés. Le site fossilifère se trouve à 5 km au nord de Sarobi à proximité du petit village de Waka ; plus précisément à mi-hauteur d'une colline située à 500 m au sud du tombeau Hadji Rona. Nous empruntons le nom de Hadji Rona pour désigner ce gisement. Le niveau fossilifère est constitué par un banc (50 cm) de marnes grises à petites concrétions calcaires et à Gastéropodes (Planorbes). Ce niveau, superposé à des marnes vertes, est surmonté par des marno-calcaires (20 cm) à nombreux Gastéropodes (Planorbes), puis par un niveau plus ou moins ligniteux de quelques centimètres et des marnes gris foncé riches en gypse (concrétions lenticulaires centimétriques). Le lavage-tamisage d'environ une tonne de marne grises fossilifères nous a livré une vingtaine de dents de micromammifères : quatre espèces de Rongeurs (Muridae et Arvicolidae) et une espèce d'Insectivore (Soricidae).

RONGEURS

Famille des Muridae Gray, 1821

Genre **ARVICANTHIS** Lesson, 1842

Les espèces actuelles du genre, une à quatre selon les auteurs (Jaeger, 1975 : 79), sont strictement africaines et caractéristiques de la savane. Les quatre espèces fossiles connues sont toutes quaternaires. La plus ancienne *A. primaevus* Jaeger, 1976, du Pléistocène inférieur, provient du Bed I d'Olduvai (Tanzanie). Deux autres espèces ont été reconnues dans le Pléistocène moyen du Maghreb : l'une, *A. arambourgi* Jaeger, 1975, à Ternifine (Algérie), l'autre, *A. niloticus irhoudae* Jaeger, 1975, à Jebel Irhoud (Maroc). La plus récente, *A. ectos* Bate, 1942, du Pléistocène supérieur de trois grottes de Palestine est la seule forme connue en dehors de l'Afrique. La découverte d'une espèce nouvelle du genre en Afghanistan revêt donc un grand intérêt sur le plan paléobiogéographique : en effet, il s'agit, non seulement de la forme la plus orientale, mais aussi de la plus ancienne puisque nous verrons que le site de Hadji Rona peut être daté du Pliocène (Ruscinien).

Arvicanthis magnus n. sp.

Holotype : M^1 gauche (M.N.H.N. Paris n° AFG 74 — fig. 1a).

Paratypes : M^3 gauche (M.N.H.N. Paris n° AFG 75 — fig. 1b), M_1 gauche (M.N.H.N. Paris n° AFG 76 — fig. 1c), M_2 gauche (M.N.H.N. Paris n° AFG 77 — fig. 1d).

Localité-type : Hadji Rona à 5 km au nord de Sarobi, bassin de Sarobi, Afghanistan.

Derivatio nominis : espèce de grande taille.

Diagnose : *Arvicanthis* de très grande taille à molaires très larges. M^1 et M^3 caractérisées par l'élargissement des tubercules centraux, par des tubercules externes (t3, t6, t9) peu réduits et des internes (t1, t4) agrandis, et par un fort cingulum postérieur. M_1 caractérisée par la présence d'un fort tubercule médian antérieur, par trois lophides obliques non reliés entre eux et par une marge cingulaire réduite. Cingulum postérieur plus faible sur M_1 que sur M_2.

Mensurations : voir tableau I.

Description (fig. 1)

*M*¹ : Cette dent, comme d'ailleurs toutes les autres molaires, frappe par sa très grande largeur. Ses tubercules centraux sont environ deux fois plus importants que les latéraux. Parmi ces derniers, les vestibulaires (t3, t6 et surtout t9) sont plus réduits que les linguaux (t1 et t4). Aucun tubercule latéral ne possède de chevron et bien que t1, t3, t4 et t6 soient situés nettement plus en arrière que les tubercules centraux (t2, t5), les 3 lophes de M¹ sont indépendants. A noter, à l'avant de la dent, entre t2 et t3, la présence d'un tubercule accessoire. Le cingulum postérieur est fort et relié au t8. M¹ possède autant de racines que de tubercules principaux.

*M*³ : Elle est aussi large que longue. Le t1 est isolé et il ne subsiste qu'une trace du t3. Le lophe postérieur n'est pas aussi réduit que chez les autres espèces du genre ; en plus de ses deux tubercules principaux (t8 et t9) il possède un très fort cingulum postérieur. Cette dent présente quatre racines dont la postérieure résulte de la coalescence de deux racines originellement distinctes et correspondant aux tubercules t8 et t9.

*M*₁ : La surface occlusale présente trois lophides obliques et complètement indépendants. Chaque lophide est constitué de deux tubercules à peine reliés entre eux. A souligner la pré-

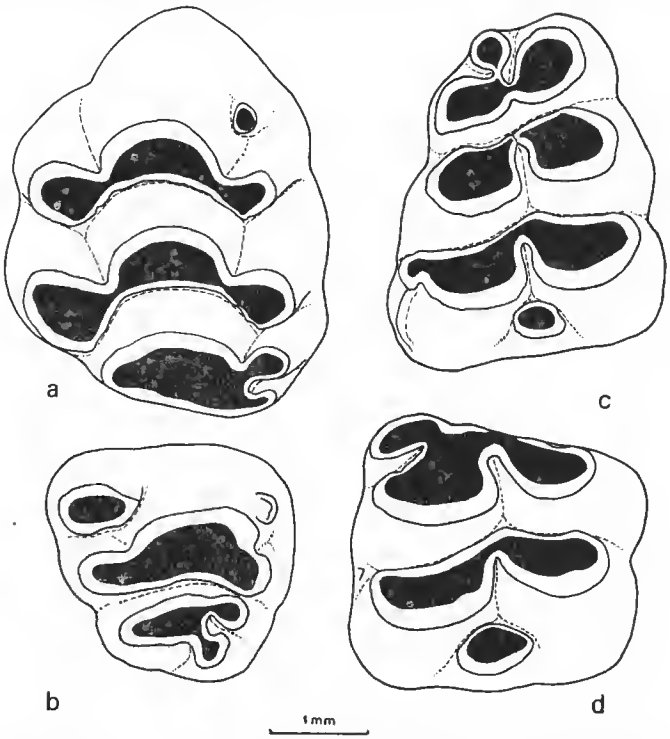


Fig. 1 — *Arvicanthis magnus* n. sp. : a, M¹ gauche (holotype) n° AFG 74 ; b, M³ gauche (paratype) n° AFG 75 ; c, M₁ gauche (paratype) n° AFG 76 ; d, M₂ gauche (paratype) n° AFG 77.

sence d'un fort tubercule médian antérieur relié au tubercule antéro-externe. De la marge cingulaire vestibulaire ne subsiste qu'une petite cuspide accessoire postérieure, qui est reliée au tubercule postéro-externe. Le tubercule médian postérieur est relativement réduit. Il y a six racines : une forte à l'avant, trois plus petites au milieu et deux fortes à l'arrière.

M_2 : Construite sur le même plan que la M_1, elle en diffère par sa plus grande largeur, la présence de deux lophides seulement, une marge cingulaire à peu près complètement effacée et un tubercule médian postérieur plus volumineux. Cette dent possède quatre fortes racines : deux antérieures et deux postérieures.

Affinités

Par leurs proportions et leur morphologie ces dents ne peuvent être rapportées qu'au genre *Arvicanthis*. Par ailleurs, leur taille est nettement supérieure à celle de toutes les espèces actuelles et fossiles connues de ce genre. Enfin, la présence d'un cingulum postérieur aux molaires supérieures, d'un t9 peu réduit et d'un fort tubercule médian antérieur à la M_1 les distingue également de toutes les autres espèces. A remarquer que l'ensemble de ces caractères s'observent, d'après Misonne (1969 : 62), chez les espèces anciennes de diverses lignées de Muridae. Nous sommes donc bien en présence d'une nouvelle espèce que nous proposons de nommer *A. magnus* n. sp.

Tableau I.

Hadji Rona (Bassin de Sarobi)		N	Longueur en mm			Largeur en mm		
			Min.	Moy.	Max.	Min.	Moy.	Max.
Arvicanthis magnus n. sp.	M^1	1	—	4,28	—	—	3,32	—
	M^3	1	—	2,52	—	—	2,56	—
	M_1	1	—	3,60	—	—	2,84	—
	M_2	1	—	2,72	—	—	3,04	—
Pelomys orientalis n. sp.	M^1	1	—	2,92	—	—	2,00	—
	M^3	1	—	1,64	—	—	1,60	—
	M_1	2	2,56	2,60	2,64	1,72	1,74	1,76
	M_2	4	1,92	1,98	2,08	1,72	1,86	1,92
	M_3	1	—	1,56	—	—	1,48	—

Genre **PELOMYS** Peters, 1852

L'aire de répartition des nombreuses espèces actuelles du genre correspond au domaine tropical africain. Par contre, les deux seules espèces fossiles connues à ce jour ont été récoltées

en dehors de cette zone : *P. dietrichi* Jaeger, 1976, provient du Bed I d'Olduvai (Tanzanie) et *P. europeus* de Bruijn, 1970, des gisements de Maritza (île de Rhodes) et d'Amama 3 (Algérie).

La présence de ce genre en Afghanistan est donc un fait nouveau et quelque peu surprenant. Pourtant, par ses molaires supérieures à tubercules centraux élargis, à t1 et t4 agrandis, à t9 non réduit, par ses molaires inférieures à lophides indépendants et à cingulum postérieur plus grand sur la M_2 que sur la M_1 la forme de Sarobi ne peut être rapportée à aucun genre asiatique connu. Ses particularités dentaires sont en fait celles du « groupe *Arvicanthis* » de Misonne (1969 : 109). Au sein de ce groupe, qui englobe plusieurs genres actuels africains, l'espèce afghane ne peut être attribuée qu'au genre *Pelomys*.

Pelomys orientalis n. sp.

Holotype : fragment de maxillaire gauche portant M^1 et une partie de M^2 (M.N.H.N. Paris n° AFG 78 — fig. 2a).

Paratypes : M^1 (M.N.H.N. Paris n° AFG 79), M^3 (M.N.H.N. Paris n° AFG 80 — fig. 2b), 3 M_1 (M.N.H.N. Paris n° AFG 81 à 83 — fig. 2c-d), 5 M_2 (M.N.H.N. Paris n° AFG 84 à 88 — fig. 2e-f), M_3 (M.N.H.N. Paris n° AFG 89 — fig. 2g).

Localité-type : Hadji Rona à 5 km au nord de Sarobi, bassin de Sarobi, Afghanistan.

Derivatio nominis : espèce la plus orientale du genre.

Diagnose : M^1 caractérisée par un t9 non réduit et un fort cingulum postérieur. Lophe distal de M^3 formé de deux tubercules. Aux molaires inférieures les deux tubercules principaux de chaque lophide sont reliés en formant un angle très ouvert. M_1 avec une marge cingulaire vestibulaire forte. M_2 avec un tubercule antéro-externe non réduit et un tubercule médian postérieur plus volumineux que sur la M_1. Lophide antérieur de M_3 à deux tubercules distincts. Nombre de racines élevé sur toutes les molaires.

Mensurations : voir tableau I.

Description (fig. 2)

M^1 : Elle est moins élargie que celle de l'*Arvicanthis* de Hadji Rona. Sa surface occlusale est constituée de trois lophes non reliés entre eux. Les tubercules centraux (t2, t5, t8) sont plus volumineux que les latéraux (t1, t3, t4, t6, t9). Parmi ces derniers t1 et t4 sont plus forts que leurs symétriques (t3 et t6) et décalés vers l'arrière par rapport aux t2 et au t5. Le t9 est proche mais indépendant du t6. Le cingulum postérieur est presque aussi développé que le t9.

M^2 : Son angle antéro-interne, seul conservé, montre un t1 isolé et de forme arrondie.

M^3 : De grande taille pour un *Pelomys* elle possède un t1 aussi volumineux que celui de la M^2. Les trois tubercules du lophe médian sont étroitement fusionnés. Le lophe postérieur, peu réduit, est encore constitué de deux tubercules (un seul subsiste chez toutes les autres espèces du genre). Cette dent possède trois racines : deux antérieures et une postérieure.

M_1 : Sa surface occlusale présente trois lophides obliques et indépendants. Les deux tubercules qui composent chacun des lophides sont reliés entre eux par leur coin antéro-médian en formant un angle très ouvert. Une telle disposition ne se rencontre que chez l'actuel *Pelomys fallax*, alors que chez toutes les autres espèces connues les angles corres-

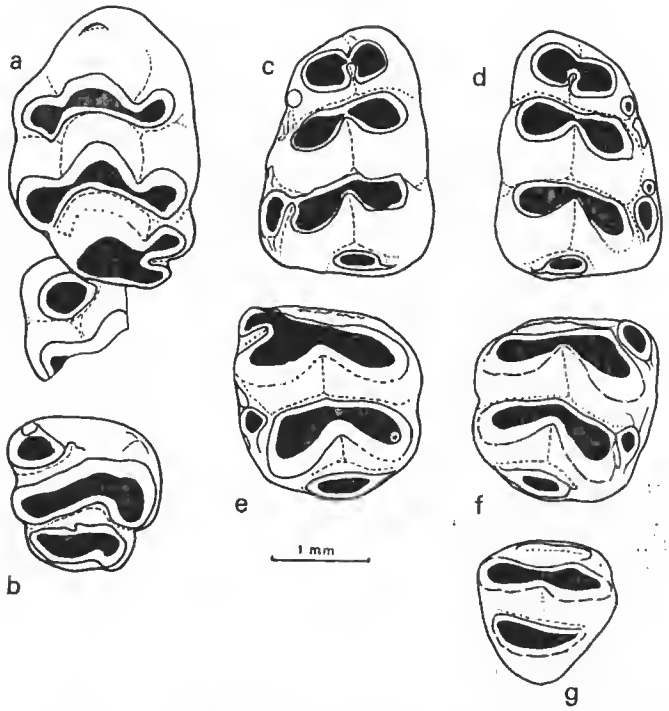


Fig. 2. — *Pelomys orientalis* n. sp. : a, M^1 (M^2) gauche (holotype) n° AFG 78 ; b, M^3 gauche (paratype) n° AFG 80 ; c, M_1 gauche (paratype) n° AFG 81 ; d, M_1 droite (paratype) n° AFG 82 ; e, M_2 gauche (paratype) n° AFG 84 ; f, M_2 droite (paratype) n° AFG 85 ; g, M_3 droite (paratype) n° AFG 89.

pondants sont beaucoup plus aigus. Il n'y a pas de tubercule médian antérieur. Le tubercule médian postérieur est réduit. La marge cingulaire vestibulaire est plus forte que chez toutes les autres espèces du genre. M_1 a quatre racines : une forte à l'avant, deux petites au milieu et une large à deux cavités pulpaires à l'arrière.

M_2 : Elle reproduit presque fidèlement le schéma des deux tiers postérieurs de la M_1. Deux caractères méritent cependant d'être soulignés : le tubercule antéro-externe n'est pas réduit et le tubercule médian postérieur est plus volumineux que celui de la M_1. Elle possède deux racines antérieures et une postérieure élargie à deux cavités pulpaires.

M_3 : Sa surface occlusale est relativement simple. Il n'y a pas de tubercule antéro-externe. Les deux tubercules du lophide antérieur sont encore individualisés, il s'agit là, rappelons-le, d'un caractère diagnosique séparant le genre *Pelomys* du genre *Aethomys*. La M_3 a trois racines : deux antérieures et une postérieure.

Affinités

Chez toutes les espèces connues, actuelles et fossiles, du genre, la M^1 est caractérisée par un t9 toujours très réduit et par l'absence du cingulum postérieur, les M_1-M_2 présentent

une marge cingulaire faible. Avec un t9 non réduit, un cingulum postérieur présent et une forte marge cingulaire la forme de Hadji Rona représente donc bien une espèce nouvelle *P. orientalis* n. sp. A la suite des travaux de Misonne (1969) il apparaît que ces trois caractères permettent de considérer *P. orientalis* n. sp. comme l'espèce la plus primitive du genre. Sur le plan chronologique ceci pourrait conduire à penser que le site de Hadji Rona est non seulement plus ancien que le Bed I d'Olduvai (Pléistocène inf.) qui a livré *P. dietrichi*, mais aussi que Maritza (Ruscinien inférieur) qui a livré *P. europeus*. Une telle éventualité ne peut cependant être retenue. En effet, l'absence des Arvicolidae à Maritza et leur présence à Hadji Rona indiquent que le site afghan est certainement plus récent. En conséquence, il apparaît que *P. orientalis* n. sp. représente une lignée indépendante. Cette manière de voir est d'ailleurs confirmée par d'autres caractères particuliers à la nouvelle espèce, à savoir la présence de deux tubercules au lophe postérieur de la M^3 (un seul tubercule chez toutes les autres espèces connues), l'absence de tubercule médian antérieur à la M_1, l'angle très ouvert formé par les tubercules principaux des lophides des molaires inférieures.

Famille des Arvicolidae Gray, 1821

Genre **MIMOMYS** Major, 1902

Ce genre est bien connu dans tout le Plio-Pléistocène d'Europe et de quelques rares territoires d'Asie (Turquie, Chine). Plus d'une quinzaine d'espèces ont été décrites. Les plus anciennes proviennent du Ruscinien moyen, les plus récentes s'éteignent au début du Pléistocène moyen (Michaux, 1971). La plupart sont connues de l'Europe ; deux ont néanmoins été signalées dans le Pléistocène de Chine : *M. sinensis* Kormos et *M. orientalis* Young (*in* Fejfar, 1964). Jusqu'à ce jour les gisements les plus méridionaux ayant livré des *Mimomys* sont situés en Grèce, site de Tourkobounia (de Bruijn et Van der Meulen, 1976) et en Turquie à Çalta (Sen, 1977).

Mimomys cf. **gracilis** (Kretzoi, 1959)

Matériel : M^3 droite (M.N.H.N. Paris n° AFG 90 — fig. 3a), longueur = 2,06 mm ; M^3 gauche (M.N.H.N. Paris n° AFG 91 — fig. 3b), longueur = 2,12 mm.

Description

A peu près au même stade d'usure, ces deux M^3 appartenaient à deux individus adultes. Leur couronne est constituée par un lobe antérieur suivi d'un triangle d'émail et d'un lobe postérieur. Deux forts îlots d'émail (puiselets) dûs à l'usure du premier et du dernier angle rentrant sont présents. Chacune des dents possède deux fortes racines : une antérieure et une postérieure.

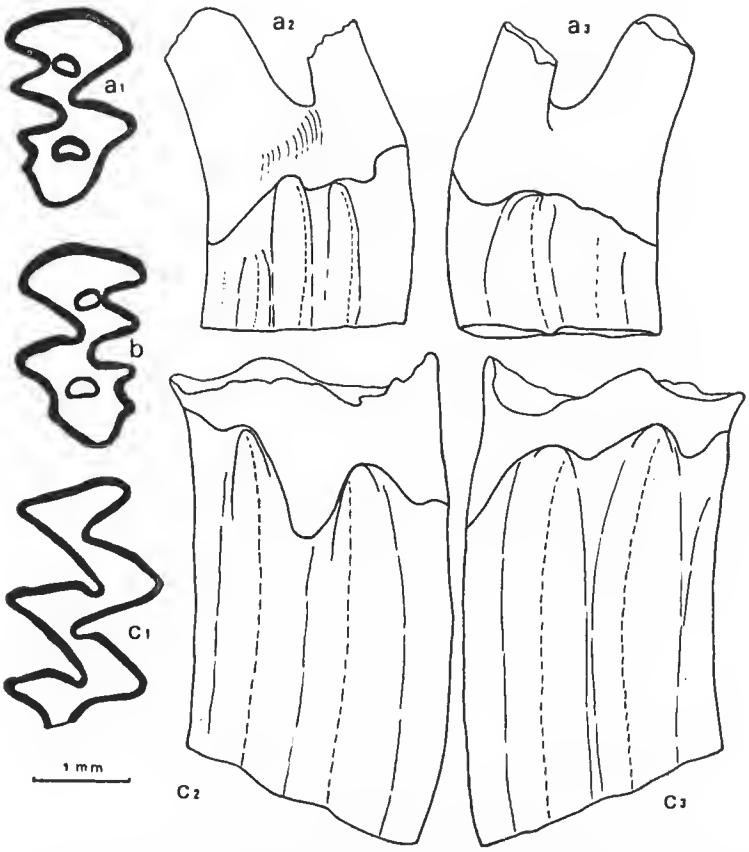


Fig. 3. — a-b, *Mimomys* cf. *gracilis* (Kretzoi, 1959) : a, M^3 droite n° AFG 90 : 1 — face occlusale, 2 — face vestibulaire, 3 — face linguale ; b, M^3 gauche n° AFG 91. — C, *Mimomys* sp., M^1 droite n° AFG 92 : 1 — face occlusale, 2 — face vestibulaire, 3 — face linguale.

Affinités

Des molaires de dimensions comparables se rencontrent soit dans les populations de grande taille de *M. gracilis* de Çalta (Turquie) et de *M. stehlini* de Sète, soit dans les populations de petite taille de *M. pliocaenicus* et *M. polonicus*, deux espèces bien représentées en Europe orientale. Quant à leur morphologie, les M^3 de Hadji Rona sont tout à fait semblables à celles de *M. gracilis* du Ruscinien moyen de Çalta ; seule différence, elles présentent deux racines au lieu de trois. Il s'agit là d'un caractère plus progressif (Sen, 1977) qui, bien que ne pouvant être complètement apprécié que sur un matériel plus abondant, parle en faveur d'un âge très probablement plus récent pour la forme afghane que pour la forme turque.

Mimomys sp.

Matériel : M^1 droite (M.N.H.N. Paris N° AFG 92 — fig. 3c)
Dimensions : longueur = 2,60 mm ; hauteur = 3,46 mm ; H/L = 1,33.

Description

Cette dent présente à la fois des caractères évolués (couronne haute, racines non encore formées) et des caractères primitifs (absence de cément, échancrures d'émail très basses). Ses dimensions sont comparables à celles des espèces *M. pliocaenicus*, *M. polonicus* et *M. capettai*. Mais les deux premières espèces ont des M^1 à angles rentrants plus ou moins remplis de cément et des échancrures d'émail très hautes, tandis que la dernière possède non seulement du cément mais aussi une couronne très élargie et de fortes racines. Par la hauteur de ses échancrures d'émail, la M^1 de Hadji Rona est proche des espèces primitives du Ruscinien moyen (*M. stehlini*, *M. gracilis*), tandis que par son taux d'hypsodontie elle se rapproche de *M. septimanus* du Ruscinien supérieur de Balaruc (Michaux, 1971), mais chez ces trois espèces il y a de fortes racines.

Affinités

Les caractères de la M^1 de Hadji Rona se trouvent donc répartis chez plusieurs espèces de *Mimomys*. Ceci semble bien indiquer que nous sommes là en présence d'une nouvelle espèce. Mais, compte tenu du fait que les caractères les plus significatifs du genre sont portés par la M_1 et la M_3 (non encore récoltées), il nous semble opportun pour le moment de ne pas nommer cette nouvelle espèce.

INSECTIVORES

Famille des Soricidae Gray, 1821

En dehors des Rongeurs, le site de Hadji Rona nous a également livré quelques restes (2 fragments de mandibule l'un portant M_1, l'autre M_1 - M_2, et une M_1 isolée) qui peuvent être rapportés à *Sorex* sp.

CONCLUSIONS

La faune de Hadji Rona comprend les formes suivantes : *Arvicanthis magnus* n. sp., *Pelomys orientalis* n. sp., *Mimomys* cf. *gracilis*, *Mimomys* sp. et *Sorex* sp. Tant sur les plans taxonomique que paléobiogéographique et stratigraphique, elle présente un intérêt

exceptionnel. Ainsi, en ce qui concerne les Murilae, il a été possible de reconnaître deux espèces nouvelles (*Arvicanthis magnus* n. sp. et *Pelomys orientalis* n. sp.) du groupe *Arvicanthis — Pelomys*, groupe presque exclusivement connu en Afrique et dont la présence est attestée pour la première fois aux confins de l'Asie sud-occidentale. Par leurs traits primitifs ces deux espèces représentent les formes les plus archaïques actuellement connues des deux genres. Leurs nombreuses particularités anatomiques semblent bien indiquer qu'elles appartiennent respectivement, au sein de chaque genre, à une lignée indépendante. De ce fait, elles ne peuvent être, dans l'état actuel des connaissances, d'aucun secours biochronologique.

Bien que représentés par très peu de matériel, les deux Arvicolidae de Hadji Rona (*Mimomys* cf. *gracilis* et *Mimomys* sp.) permettent néanmoins d'apporter de précieux renseignements sur l'âge du bassin de Sarobi. En effet *M. gracilis* est une espèce bien connue dans le Ruscinien moyen et supérieur d'Europe occidentale et d'Asie Mineure. Or la forme de Hadji Rona semble un peu plus évoluée que celle du Ruscinien moyen de Çalta (Turquie) ; elle est donc très probablement un peu plus récente. De plus, l'ensemble des caractères du *Mimomys* sp. se trouve réparti chez diverses espèces du Ruscinien supérieur. Il semble donc raisonnable d'admettre un âge Ruscinien supérieur pour les formations de la rive gauche du bassin de Sarobi. Rappelons que la découverte d'une mandibule de Reduneiné, côté rive droite, avait conduit Heintz *et al.* (1978) à proposer un âge Pliocène ou Pléistocène ancien.

Sur le plan paléobiogéographique, les Arvicolidae du bassin de Sarobi représentent les formes les plus méridionales connues à ce jour ; de plus, ils témoignent d'échanges fauniques entre l'Asie et l'Europe. Les deux nouvelles espèces de Muridae indiquent non seulement l'existence de relations continentales et d'échanges fauniques entre l'Afrique et l'Asie mais elles posent aussi le problème du centre de dispersion et du sens de la migration, d'Afrique en Asie ou vice versa, pour les genres « africains » *Arvicanthis* et *Pelomys*. Ce problème biogéographique ne pourra être résolu que par de nouvelles découvertes. En effet, si *Arvicanthis magnus* n. sp. et *Pelomys orientalis* n. sp. sont bien à la fois les espèces les plus archaïques actuellement connues pour ces deux genres, leurs caractères anatomiques particuliers ne permettent cependant pas de les considérer comme les ancêtres des formes déjà décrites.

Par ailleurs, les Rongeurs de Hadji Rona apportent également quelques renseignements à propos des paysages pliocènes du bassin de Sarobi. Les *Arvicanthis* et *Pelomys* actuels sont des formes de la savane africaine vivant toujours à proximité d'un point d'eau. Les Arvicolidae s'accommodent d'une végétation pauvre mais constante (Sen, 1977). Ces exigences écologiques parlent en faveur d'un milieu ouvert, de type steppe ou savane, situé aux abords d'un lac dont la présence est attestée par la succession lithologique et la grande abondance des Gastéropodes de type Planorbe.

Finalement, au-delà de son intérêt pour la connaissance de l'histoire des Vertébrés et de la chronologie des formations continentales du territoire afghan, cette première faune de micromammifères récoltée dans le bassin de Sarobi confirme l'intérêt exceptionnel de recherches paléomammalogiques dans cette région du monde. L'Afghanistan apparaît bien comme une région de carrefour entre l'Asie orientale d'une part, l'Afrique et l'Europe d'autre part et de ce fait se révèle être un champ extraordinaire d'investigations pour les problèmes de migration de faunes, de paléobiogéographie, de biochronologie et de corrélation des formations continentales dans l'Ancien Monde.

Remerciements

Ce travail a été réalisé dans le cadre de la Mission Permanente du CNRS à Kabul. Nous remercions le Ministère des Mines et de l'Industrie d'Afghanistan pour le concours qu'il nous a apporté dans nos recherches sur le terrain.

Notre mission a bénéficié d'une aide financière du Muséum national d'Histoire naturelle, Paris.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bate, D. M. A., 1942. — Pleistocene Murinae from Palestine. *Ann. Mag. nat. Hist.*, 9, **55** : 465-486, 5 fig.

Bruijn, H. de, M. R. Dawson et P. Mein, 1970. — Upper Pliocene Rodentia, Lagomorpha and Insectivora (Mammalia) from the Isle of Rhodes (Greece). I, II and III. *Konink. Nederl. Akad. Wetensch. Proc.*, B, **73** (5) : 535-584, 5 fig., 11 pl.

Bruijn, H. de, et A. J. Van der Meulen, 1975. — The early Pleistocene Rodents from Tourkobounia — 1 (Athens, Greece), I and II. *Konink. Nederl. Akad. Wetensch., Proc.*, B, **78** (4) : 314-338, 1 fig., 6 pl.

Fejfar, O., 1964. — The lower villafranchian Vertebrates from Hajnacka near Filakovo in Southern Slovakia. *Rozpravy ustred Ust. geol.*, **30** : 115 p., 58 fig., 20 pl.

Heintz, E., L. Ginsburg et J. L. Hartenberger, 1978. — Mammifères fossiles en Afghanistan : état des connaissances et résultats d'une prospection. *Bull. Mus. natn. Hist. nat., Paris*, 3e sér., n° 516, Sc. de la Terre 69 : 101-119.

Jaeger, J. J., 1975. — Les Muridae (Mammalia, Rodentia) du Pliocène et du Pléistocène du Maghreb. Origine, évolution, données biogéographiques et paléoclimatiques. Thèse Univ. Sc. et Tech. du Languedoc, Montpellier, 124 p., 19 fig., 61 tabl., 4 pl.

— 1976. — Les Rongeurs (Mammalia, Rodentia) du Pléistocène inférieur d'Olduvai Bed I (Tanzanie). 1re partie : les Muridae. *Foss. vertebr. Africa*, London, **4** : 57-120, 16 fig., 3 pl.

Michaux, J., 1971. — Arvicolidae (Rodentia) du Pliocène terminal et du Quaternaire ancien de France et d'Espagne. *Palaeovertebrata*, Montpellier, **4** (5) : 137-214, 31 fig.

Misonne, X., 1969. — African and Indo-Australian Muridae. Evolutionary trends. *Annls Mus. r. Afr. cent.*, Sc. Zool., sér. 8, **172** : 213 p., 11 fig., 27 pl.

Sen, S., 1977. — La faune de Rongeurs pliocènes de Çalta (Ankara, Turquie). *Bull. Mus. natn. Hist. nat., Paris*, 3e sér., n° 465, Sc. de la Terre 61 : 89-172.

Manuscrit déposé le 8 novembre 1978.

Achevé d'imprimer le 31 mars 1979.

IMPRIMERIE NATIONALE

9 564 002 1

Recommandations aux auteurs

Les articles à publier doivent être adressés directement au Secrétariat du *Bulletin du Muséum national d'Histoire Naturelle* 57, rue Cuvier, 75005 Paris. Ils seront accompagnés d'un résumé en une ou plusieurs langues. L'adresse du Laboratoire dans lequel le travail a été effectué figurera sur la première page, en note infrapaginale.

Le *texte* doit être dactylographié à double interligne, avec une marge suffisante, recto seulement. Pas de mots en majuscules, pas de soulignages (à l'exception des noms de genres et d'espèces soulignés d'un trait).

Il convient de numéroter les *tableaux* et de leur donner un titre ; les tableaux compliqués devront être préparés de façon à pouvoir être clichés comme une figure.

Les *références bibliographiques* apparaîtront selon les modèles suivants :

Bauchot, M.-L., J. Daget, J.-C. Hureau et Th. Monod, 1970. — Le problème des « auteurs secondaires » en taxionomie. *Bull. Mus. Hist. nat., Paris*, 2e sér., 42 (2) : 301-304.

Tinbergen, N., 1952. — The study of instinct. Oxford, Clarendon Press, 228 p.

Les *dessins* et *cartes* doivent être faits sur bristol blanc ou calque, à l'encre de chine. Envoyer les originaux. Les *photographies* seront le plus nettes possible, sur papier brillant, et normalement contrastées. L'emplacement des figures sera indiqué dans la marge et les légendes seront regroupées à la fin du texte, sur un feuillet séparé.

Un auteur ne pourra publier plus de 100 pages imprimées par an dans le *Bulletin*, en une ou plusieurs fois.

Une seule épreuve sera envoyée à l'auteur qui devra la retourner dans les quatre jours au Secrétariat, avec son manuscrit. Les « corrections d'auteurs » (modifications ou additions de texte) trop nombreuses, et non justifiées par une information de dernière heure, pourront être facturées aux auteurs.

Ceux-ci recevront gratuitement 50 exemplaires imprimés de leur travail.

MUSEUM
NATIONAL
D'HIST.NAT.